

RECUPERATOR DE CALDURA A GAZELOR ARSE CU EJECTOR

Ing. Dan Andreescu¹ – TURBOEXPERT SRL Bucuresti
Ing. Elisabeta Cerchez – ICPET TURBO SA Bucuresti

ABSTRACT

Scope of paper is to develop a specific flue gases heat recovery system which preheats the combustion air by mixing fresh air with flue gases. This procedure is suitable when the initial combustion process has large excess air, more 2.0. So the mixture of the flue gases and fresh air, (half and half by weight), will result in a double quantity of flue gases flow but with half of the initial stack temperature. That allows to split the flow in two, half will be exhausted at stack and half will be used as combustion air having enough oxygen for combustion. The result will be the same flue gases quantity evacuated to atmosphere but with half of initial temperature. In the same time the fresh air used for combustion will have the same high temperature instead the ambient initial temperature, this being the heat recovery process.

1.OBIECTIVUL LUCRARI

Recuperarea caldurii gazelor arse evacuate la nivele de temperaturi de peste 150°C, devine tot mai imperios necesara economic. Procedeele de recuperare ca si echipamentul necesar difera de la proces la proces, de tipul combustibilului initial, și de continutul sau de sulf.

SC TURBOEXPERT srl a dezvoltat procedee si recuperatoare de caldura care, in afara de asigurarea scopului principal, rezolva si problemele specifice, mai ales cele care apar in instalatiile existente. Acestea sunt:

- „competitive price”, montaj rapid, fiabilitate maxima;
- spatiu redus si, cel mai adesea, inadecvat amplasarii unui echipament;
- personal de exploatare cu o pregatire minima.

Pe site-ul firmei [2] toate acestea sunt exemplificate in detaliu. In lucrari anterioare, [1], s-au prezentat tipul de recuperatoare cu <Pseudotuburi termice> care au dat totala satisfactie in functionare. Acestea sunt schimbatoare de suprafata, compacte si versatile geometric, dar nu acopera toata gama de procedee de recuperare. De exemplu, sunt situatii cand se poate folosi un recuperator <prin amestec>, atunci cand compozitia si continutul de particule al gazelor arse permit. Aplicarea unei astfel de recuperari de caldura, de un tip/procedeu particular, este avantajoasa si face obiectul acestei lucrari fiind implementata intr-o instalatie existenta in toamna anului 2012.

2.CONSIDERENTELE TEHNICE SI STIINTIFICE

Sunt numeroase procese industriale care contin si o faza de combustie si din care gazele rezultate satisfac conditiile necesare, astfel incat sa fie posibila reciclarea unei parti a lor (de regula cca. jumatate) ca <aer de combustie> dupa amestecarea prealabila, cu aceiasi cantitate de aer ambiental, care se introducea initial in procesul de combustie.

Denumind cu gaze de ardere <primare> pe cele rezultate la sfarsitul combustiei si cu gaze de ardere <secundare> cele de dupa amestecul cu aerul ambiental se va analiza solutia de recuperare prin amestec pe componentele principale.

¹ turboexpertromania@rdslink.ro

2.1. Procesul termodinamic de amestec.

Prin amestec iterativ a gazelor arse <primare> si aer ambiental, identic cantitativ cu cel care se introducea direct la ardere, se obtine o dublare a participatiilor compusilor arderii in gazele de ardere <primare>. Excesul de aer, insa, in gazele <primare> este mai mic cu o unitate decat in situatia fara amestec.

Astfel, daca excesul initial de aer la procesul de combustie fara recuperare este $\lambda_0 > 2,0$, se poate recupera caldura prin amestecul aerului proaspat la temperatura ambientala, pastrandu-i aceeasi cantitate ca in procesul fara amestec cu gazele <arse primare> si preluand gravitmetric din gazele arse <secundare> 50% pentru combustie si 50% evacuandu-se in atmosfera.

Prin acest amestec, evident ca temperatura gazelor <secundare> devine jumătate din temperatura gazelor arse <primare>, iar aerul de combustie, acum cu aceeasi compozitie devine, *sui generis*, preincalzit, la aceeasi temperatura. De aici rezultand economia de caldura, tradusa in reducerea consumului de combustibil corespunzator acesteia.

OBSERVATIE: Amestecul iterativ de gaze arse cu aer proaspat creste procentul de produse ale combustiei si reduce participatia de oxigen. Procesul este, in expresie matematica, o serie armonica geometrica cu limita:

$$\lambda = \lambda_0 - 1$$

(1) *relatia recuperarii prin amestec, de aici si limita inferioara de $\lambda_0 > 2,0$.*

Desigur, un calcul riguros stoichiometric al arderii ca si procesul din instalatie are mici abateri numerice fata de cele de mai sus, dar tehnic sunt suficient de exacte pentru proiectarea instalatiei.

O schema de principiu a solutiei de recuperare prin amestec este prezentata in Fig.1.

Este evident ca atat procesul de amestec, cat si vehicularea suplimentara a gazelor in schema cu recuperare, induce si pierderi de presiune, care trebuie minimalizate, dar, cu toate acestea introducerea unui ventilator suplimentar in schema, este inevitabila. De asemenea si procesul de amestec in sine intre gazele arse <primare> si aerul ambiental simplu, ca proces termic, este mult mai complicat de realizat intr-o instalatie existenta.

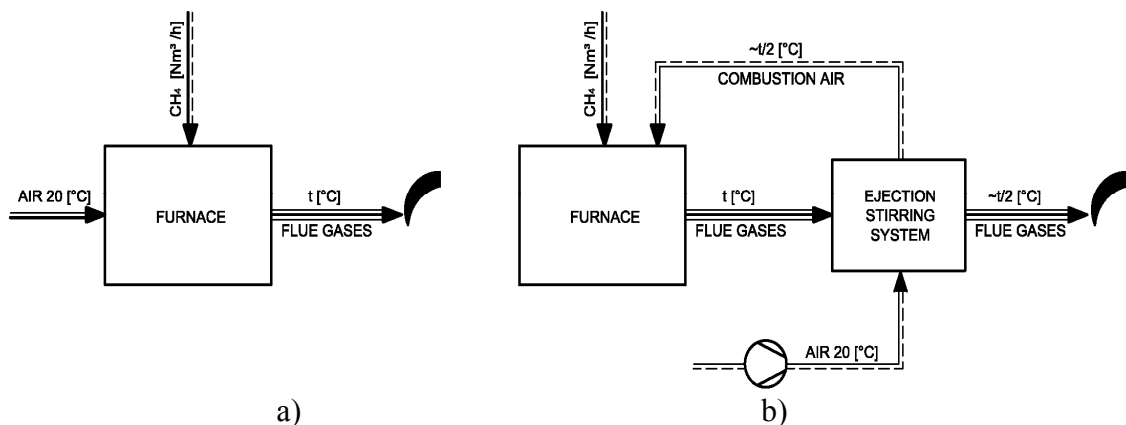


Fig.1 Schema de recuperare prin amestec: a) initial; b) Cu sistem de amestec (cu ejector)

2.2. Analiza solutiei tehnice

Considerentele strict termice de la punctul anterior nu sunt suficiente pentru a aplica recuperarea prin amestec, trebuie ca si instalatia existenta sa permita aceasta recuperare.

In continuare se analizeaza principalele probleme termice care apar:

a) Scaderea cantitatii de oxigen introdusa in arzator ca <aer primar>.

Astfel, atat aerul de ardere cat si gazele de ardere <secundare> au o temperatura sensibil mai mare decat in situatia initiala cu aer ambiental, instalatia trebuind sa permita aceasta crestere. Crescand temperatura aerului de combustie, la un debit volumetric propriu arzatorului, se reduce masic cantitatea acestuia si continutul de oxigen in mod proportional, plus o scadere datorita amestecului in sine. In consecinta, arzatoarele vor functiona cu o cantitate de oxigen redusa la cca. jumatate si restul de aer trebuie introdus in jurul flacarii, ceea ce configuratia constructiva existenta trebuie sa permita.

b) Efectul cresterii de temperatura a aerului de combustie asupra arzatorului.

Pentru aerul primar cu o temperatura sensibil mai ridicata decat cea initiala, poate fi inacceptabil la anumite tipuri de arzatoare, in primul rand la acelea care au un sistem de ventilatie incorporat si care au in componenta rulmenti.

c) Spatiul disponibil pentru amplasarea <camerei de amestec> la care se asociaza realizarea amestecului cu o pierdere minima de presiune.

Desigur ca amestecul gazelor arse <primare> cu aerul ambiental se face prin insuflarea unuia in celalalt, dar fara o solutie controlata gazodinamic, lungimile necesare ale conductei de amestec sunt de 20-30 ori dimensiunea transversala a acesteia. Cum debitele vehiculate sunt de ordinul zecilor sau mai mult de mii de m³/h, la sectiunile necesare rezulta lungimi considerabile, care intra in conflict cu spatiul disponibil. O varianta constructiva de amestecare in volum mic implica o turbionare puternica si o pierdere inacceptabila de presiune. De asemenea este necesara si o separare a gazelor <secundare>, astfel incat jumatate sa fie redirijate spre cos si cealalta la instalatia de ardere, ceea ce necesita din nou spatiu si induce alte pierderi de presiune.

3. Aplicatie. Rezultate

Tinand cont de considerentele expuse, TURBOEXPERT srl [2] a realizat o lucrare prototip de recuperare prin amestec cu ejector la o societate din industria alimentara, pentru o instalatie de <prajit legume>, dupa schema de principiu din Fig.1 b). Caracterul industrial si sezonier face ca pe 4÷5 prajitoare in functiune sa se lucreze non stop cateva luni si cu un consum ridicat de gaz metan. De fapt ceea ce conteaza este ponderea in costuri cu combustibili care este foarte ridicata.

Cum la masuratorile initiale s-a determinat un randament energetic de cca. 7÷10% a procesului de prajire era evidenta necesitatea gasirii unei solutii de recuperare. Instalatia de prajire, prezentata in Fig. 2, este amplasata si intr-un spatiu minimal, atat in lateral cat si verticala.

Excesul ridicat de aer fiind $\lambda_0=3,5$ solutia cu <amestec> era pretabila.

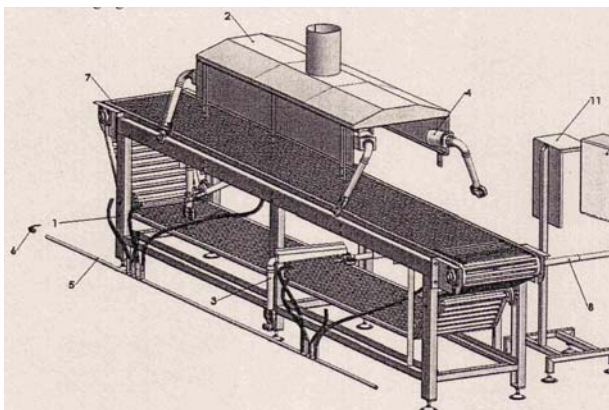


Fig 2 Instalatie prajitor legume fara recuperator

Datele initiale ale instalatiei sunt:

- Debit CH₄: 42Nm³/h;
- Temp. gazelor arse <primare>: 620÷640°C;
- Randament: 7-10%.

Solutia constructiva a camerei de amestec a fost intr-o varianta speciala, un sistem cu ejector in care fluidul motor este aerul ambiental si cel antrenat, gazele arse, <primare>.

Debitul si presiunea necesara aerului este asigurata cu un ventilator suplimentar si care reprezinta, ca puetere, 2÷3% din puterea recuperata, deci foarte putin.

In Fig. 3 este prezentat desenul explicativ al solutiei proiectate, iar in Fig. 4 o imaginea cu instalatia de recuperare montata.

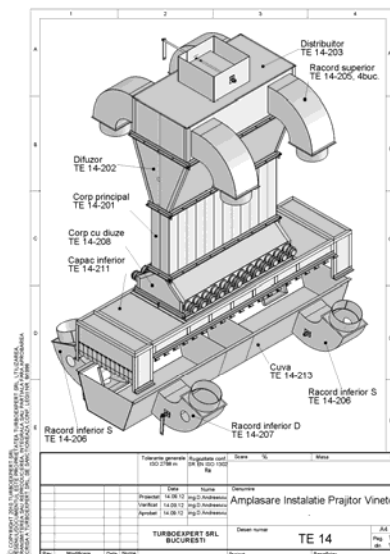


Fig. 3 Amplasare Instalatie de recuperare



Fig. 4 . Imaginea Instalatiei de recuperare cu ejector montata

Functionarea instalatiei recuperatoare cu ejector este urmatoarea: aerul insuflat de ventilatorul suplimentar este introdus in camera de amestec, care s-a amplasat pe capacul prajitorului, de fapt inlocuindu-l in partea superioara, prin care ieseau gazele arse spre cos, prin tiraj natural.

In interiorul camerei de amestec, amestecarea gazelor arse <primare> cu aerul de ardere se face printr-un fenomen de ejectie care asigura, prin amestecarea coaxiala a jeturilor cat si a compresiei naturale in difuzorul de dupa camera de ejectie, atat omogenizarea fluidelor cat si cresterea de presiune necesara vehicularii in continuare a lor. Dupa difuzor urmeaza o incinta din care o jumatate din cantitatea de <gaze secundare> este evacuata spre cos si cealalta este reintoarsa in zona de ardere, o parte prin arzatoare si cealalta pe sub gratarul transportor.

Pentru aceasta s-au prevazut 4 canale descendente care comunica cu o cuva inferioara, (Fig.3), adaugata instalatiei existente pentru a o inchide la partea inferioara a gratarului transportor. In felul acesta s-a realizat un control atat al aerului introdus cat si a circulatiei gazelor arse in instalatie cu ajutorul unor clapete de reglaj amplasate convenabil.

Dupa punerea in functiune si probele de performanta s-au obtinut urmatoarele rezultate:

- Reducerea consumului de combustibil cu 30÷35%;
- Temperatura gazelor <secundare> evacuate: 310÷330°C, adica cca. jumatate fata de situatia initiala.
- Arderea a fost completa; flacara, la control vizual, nu avea schimbare de culoare.
- Ejectorul a functionat conform calculului si a asigurat, chiar cu o usoara supradimensionare, circulatia necesara fluidelor.
- Pierderea de presiune indusa suplimentar prin amplasarea ventilatorului de aer, a condus la un consum de putere de cca. 2% din cea recuperata.

4. Bibliografie

- [1] Sokolov, E.Ia. *Struinae apparatus*, GEI, Leningrad, 1960
 [2] www.turboexpert.ro