

CONTRIBUȚII LA STUDIUL METODELOR DE REDUCERE A DEPUNERILOR ȘI ZGURIFICĂRII ÎN FOCARELE CAZANELOR DE ABUR CU COMBUSTIBILI SOLIZI INFERIORI

Componentă de capitală importanță economică, socială și strategică, energia se constituie pentru orice națiune într-un element de bunăstare și progres al acesteia.

Dezvoltarea durabilă a României va fi direct influențată de evoluția sectorului de producere a energiei. De modul cum se va dezvolta disponibilitatea, accesibilitatea și acceptabilitatea energiei va depinde evoluția în viitor a economiei și totodată a întregii societăți românești.

România, care își bazează producția de energie electrică și termică în proporție de peste 35% pe cărbune și în special pe lignit, va putea să utilizeze aceasta resursă fără constrângeri majore, în contextul în care comunitatea internațională a fost nevoită să accepte ideea păstrării deschise a tuturor opțiunilor energetice. Nici o tehnologie de producere a energiei nu trebuie refuzată sau împiedicată să se dezvolte, iar eficiența trebuie crescută atât în producere, cât mai ales în utilizare. Toate sursele de energie trebuie considerate deschise, inclusiv sistemele avansate care folosesc resurse fosile și nucleare.

Se impune însă creșterea eficienței de utilizare, adoptarea de soluții eficiente, inovatoare, pentru îmbunătățirea randamentelor de producere și reducerea efectelor nocive asupra mediului înconjurător.

Deoarece sectorul românesc de producere a energiei electrice pe bază de combustibili solizi a avut la dispoziție cu prioritate cărbuni de calitate inferioară, cu procente mari de masă minerală și umiditate, în mai mult de 50 de ani de utilizare, s-a creat o experiență autohtonă considerabilă în ceea ce privește arderea acestora în cazanele de abur.

S-a dezvoltat totodată și un domeniu de cercetări teoretice și experimentale, care a pus în evidență particularitățile arderii acestor combustibili. Umiditatea de peste 40% și masa minerală în proporție de 20-25% a forțat lumea științifică de cercetare și proiectare, dar și constructorii să găsească soluții specifice de îmbunătățire a regimului termic, fie prin adaosuri de combustibili de susținere, fie prin arderea cu coeficienți de aer reduși.

Acestea au condus sistematic la creșterea temperaturilor în zona de ardere și la depășirea temperaturii de înmuiere a cenușii, cu alte cuvinte la amorsarea și dezvoltarea fenomenului de zgurificare. Fenomenul are pentru agregatul de cazan influențe dintre cele mai defavorabile. În măsura în care fenomenul de zgurificare progresează, puterea electrică se reduce și odată cu aceasta este perturbată grav funcționarea economică a ciclului, consumul specific crescând cu 10-12%.

Furnizorii de astfel de echipamente de ardere nu au pus la dispoziția beneficiarilor informații detaliate și formule de reducere a proceselor de zgurificare, astfel încât acest factor important de ineficiență și de risipire de resurse să fie diminuat. Răspunsul rezidă în faptul că fenomenul nu a fost studiat în profunzime.

Lucrarea de față încearcă să pună o „cărămidă” pentru umplerea acestui gol. Originalitatea lucrării constă în expunerea concluziilor rezultate în urma efectuării de experimente cu un aditiv special, injectat în focarul cazanului de 1035t abur /h. În fapt, această metodă se poate aplica oricărui cazan care folosește drept combustibil de bază cărbunele, indiferent de calitate și compoziție, asociat sau nu cu un combustibil auxiliar

Capitolul 2 al lucrării se constituie din prezentarea generatoarelor de abur, precum și a combustibililor folosiți de către acestea. Generatorul de abur acvatubular are în componență canale de dimensiuni relativ mari în care sunt imersate sisteme de țevi. Gazele de ardere, provenite din arderea combustibililor, circulă prin canale, pe la exteriorul țevelor, cedând căldură către agentul termic (apă și abur) care este vehiculat prin interiorul acestora. Arderea combustibililor se realizează într-o zonă situată la baza canalelor, numită focar. Pereții canalelor pot fi realizați fie din materiale ceramice rezistente la temperaturi înalte (cărămizi refractare), fie din membrane metalice răcite la interior cu apă și/sau abur. Combustibilii folosiți sunt variați, dar pentru instalațiile mari cei mai comuni sunt cărbunii, păcurile și gazele naturale. Capitolul cuprinde și o prezentare generală a principalelor tipuri de cazane, respectiv cele cu circulație naturală și cele cu circulație forțată.

Murdărirea părții schimbătoarelor de căldură din componența acestor generatoare spălate de gazele de ardere se înregistrează oriunde se recuperează căldură din fluxul de gaze arse care conține particule, corozive sau reactive, acumularea de depuneri pe suprafețele expuse, nu numai pe suprafețele schimbătoarelor de căldură, poate crea probleme.

Ca rezultat, acumulările nedorite de substanțe solide pot apărea pe conducte sau armături, în echipamente precum uscătoare sau reactoare, precum și în camerele de ardere și coșuri.

Extinderea efectelor dăunătoare depinde de o multitudine de factori. Temperatura de exploatare, vitezele fluidelor, dimensiunile particulelor și concentrația oricăror substanțe solide antrenate în fluxul de gaze, precum și compoziția chimică a componentelor care intră în compoziția amestecurilor de combustibili, sunt de natură să producă murdărirea suprafețelor schimbătoare de căldură. Plecând de aici, sunt definite noțiunile de „murdărire” și „zгурificare”.

Diferitele tipuri de combustibil, precum și modurile de ardere ale acestor combustibili, vor afecta potențialul de depunere. De aceea, sunt prezentate și analizate metode de ardere, precum și instalații de ardere; legat de acestea este făcută o prezentare a mai multor tipuri de arzătoare.

Principiile generale ale procesului de depunere implică:

- (i) transportul particulelor sau componentelor reacționate chimic pe suprafețele de schimb de căldură,
- (ii) aderența particulelor (sau aglomerărilor de particule) la suprafețele de schimb, fie prin procese fizice, fie prin reacții chimice
- (iii) posibilele exfolieri ale materialelor constituate ale suprafețelor de schimb de căldură.

Rezultatul acestui proces este acumularea netă de substanță solidă pe suprafața de schimb de căldură, ca rezultat al unui echilibru între depuneri și îndepărtarea lor, aceasta din urmă fiind foarte mult dependentă de natura depozitului din punctul de vedere al coeziunii sale și al aderenței la suprafață.

Sunt expuse, de asemenea, consecințele negative ale depunerilor.

În încercarea de a înțelege efectele diferitelor variabile privind depunerile într-un sistem de ardere, este util să se aibă o concepție generală asupra mecanismelor implicate, astfel încât să poată fi apreciate necesitățile și cerințele pentru o bună proiectare și exploatare a echipamentelor.

Mecanismele implicate vor diferi în funcție de tipul de particule de depunere, de difuzie a vaporilor sau reacție chimică. În esență, principalele mecanisme vizează depunerile de particule, care se realizează prin difuzie moleculară convectivă și prin difuziune de vapori. Difuzia moleculară este rezultatul deplasării individuale și dezordonate a moleculelor, determinată de mișcarea de agitație termică și de ciocnirile elastice cu celelalte molecule dintr-un amestec format din mai multe specii moleculare. Prin urmare, difuzia moleculară este un mecanism ce are loc la nivel molecular și constă în transportul unei specii moleculare în interiorul unui amestec atunci când în amestec există o diferență de potențial, ceea ce produce un dezechilibru în interiorul amestecului.

Diferența de potențial poate fi determinată de mai multe cauze:

- **existența unui gradient de concentrație în amestec**
- **existența unui gradient de temperatură în amestec**
- **existența unui gradient de presiune în amestec.**

Transportul particulelor către suprafețele răcitoare într-un sistem de ardere, poate rezulta din vaporizarea componentelor anorganice ale cenușii și difuzia ulterioară a acestora către suprafețele răcitoare ale echipamentului. Volatilizarea în flacără a componentelor anorganice este originea obișnuită a acestor vapori.

Mecanismele prin care suprafețele schimbătoare de căldură se murdăresc se explică prin reacțiile chimice care au loc în timpul arderii și prin coroziune, așa cum este arătat în Capitolul 3.

În Capitolul 4 sunt trecute analizate principiile arderii, analiza fiind făcută relativ la diferitele tipuri de combustibili, cum ar fi – spre exemplu – cărbunele, păcura, gazul natural sau deșeurile, făcându-se referire expresă la murdărirea suprafețelor schimbătoare de căldură. În timpul arderii combustibililor, condițiile de oxidare sau reducere pot prevala, fie la nivel local, fie la nivelul întregului sistem, în funcție de modul în care echipamentul este exploatat. Mărirea coeficientului de exces de aer va asigura în general condiții de oxidare, în timp ce înregistrarea valorilor de O_2 apropiate de cele rezultate din calculele stoichiometrice, poate însemna că în anumite zone sunt îndeplinite condițiile de reducere. Printr-un slab control al arzătoarelor și echipamentelor conexe, pot fi create involuntar condiții de reducere în cadrul sistemului. Natura reacțiilor – atât de oxidare, cât și de reducere – va afecta compoziția chimică a depunerilor, formând compuși prezenți în gazele de ardere, fie în suspensie, fie pe suprafețele expuse la depunere.

Reacțiile chimice responsabile pentru contaminarea acestora sunt prezentate pentru diferiți combustibili. De asemenea se prezintă tehnici de evaluare a tendințelor de murdărire și zgurificare.

În orice proces de evaluare a zgurificării și depunerilor, este imperativ necesară, efectuarea unei analize a cenușii, din moment ce natura chimică a cenușii va determina proprietățile sale de depunere. Deoarece tehnicile disponibile pentru evaluarea cantitativă a tendinței de zgurificare și de depunere a diferitelor tipuri de combustibili s-au dezvoltat de-a lungul anilor, foarte mulți termeni intrând în vocabularul uzual, de ex. *index*, *factor* sau *indicator*. În multe privințe, acești termeni pot fi priviți ca incompatibili și fără o bază logică, dar cu toate acestea, ei sunt folosiți, fiind acceptați și înțeleși în limbajul folosit în industria respectivă.

Bazate pe analiza mecanismelor și tendințelor, câteva tehnici de limitare a acestor fenomene în instalațiile de ardere sunt arătate în Capitolul 5. Acestea includ amestecarea combustibililor, condiții de ardere și utilizarea aditivilor. Aditivii au fost propuși și utilizați în instalațiile de combustie a combustibililor fosili pentru combaterea problemelor de depunere. Au fost de asemenea folosiți pentru a rezolva problemele legate de coroziune și emisiile acide, permițând îmbunătățirea controlului în ceea ce privește supraîncălzirea în electrofiltre, deși aceste aplicații sunt în afara domeniului de aplicare a acestui element.

Metoda utilizării aditivilor a fost dezvoltată inițial în procesul de combustie al păcurii, datorită ușurinței de aplicare, dar actualmente acest concept a fost utilizat și la combustia cărbunelui. Utilizarea aditivilor în combustia deșeurilor se află în proces de dezvoltare.

Este adevărat că, în multe aplicații, mecanismul de bază și factorii care afectează eficiența aditivului sunt puțin înțelese și că recurgerea la evaluările empirice este necesară. În general, efectul aditivului este de a modifica structura depunerilor, astfel încât acestea sunt mai ușor de eliminat prin tehnici mecanice

Capitolul 6 analizează tehnicile de curățire a suprafețelor schimbătoare de căldură care pot fi aplicate atât în timpul funcționării cât și după oprirea cazanului. Sunt dezbătute implicațiile murdăririi și zgurificării asupra proiectării echipamentelor de ardere, adăugând și recomandări experimentale alături de practicile bune de proiectare.

Astfel, în timpul funcționării scopul metodelor de curățire este acela de a păstra suprafețele de schimb de căldură într-o stare de curățenie rezonabilă pentru a asigura o eficiență și o disponibilitate ridicată a instalației. Se folosesc suflătoare cu aer, abur sau apă, retractabile sau nu, în funcție de poziționarea lor în drumul gazelor. Se folosesc, de asemenea, suflătoare acustice, precum și metode de îndepărtare a depunerilor cu ajutorul alicelor.

Curățirea complet uscată, prin mijloace manuale sau mecanice, trebuie să fie utilizată în cazul în care curățirea suprafețelor de schimb de căldură cu apă sau abur nu este posibilă sau este considerată inoportună din cauza unor considerente de proiectare.

În Capitolul 7 sunt prezentate evaluarea și cuantificarea creșterii eficienței la cazanele de 1035 t/h prin aplicarea unei noi tehnologii care utilizează un aditiv special

care determină diminuarea fenomenului de zgurificare și menținerea în stare curată a suprafețelor de schimb de căldură pe partea de gaze de ardere.

Plecând de la problemele cu care se confruntă cazanele pe lignit din cadrul CET – Turceni la funcționarea de lungă durată, probleme care duc la scăderea randamentului cazanelor, prin reducerea transferului de schimb de căldură între gazele de ardere și suprafețele de schimb de căldură, precum și prin creșterea pierderilor de presiune pe traseul gazelor de ardere, scăderea randamentului cazanelor prin creșterea temperaturii gazelor de ardere la cos, scăderea timpilor de disponibilitate ai cazanelor și mărirea costurilor legate de mentenanță - cauzate de coroziuni de înaltă temperatură, în zona supraîncălzitoarelor, și coroziuni de joasă temperatură în zona preîncălzitoarelor de aer și canalelor de gaze arse a fost studiată în instalație comportarea acesteia în cazul injectării unui aditiv care reacționează cu elementele componente din depozitele de depuneri de pe suprafețele de schimb de căldură, rezultând în principal compuși neutrii.

Studiul a fost realizat în două etape, una de referință și alta de implementare, comparabile ca timp și condiții, rezultatele obținute fiind analizate prin:

- trasarea graficelor reprezentând curbele aferente parametrilor de exploatare considerați reprezentativi
- interpretarea efectivă a datelor și curbelor obținute,
- analiza și interpretarea rezultatelor analizelor chimice ale depozitelor de depuneri,
- calcule economice

În urma studiului au fost trase următoarele concluzii:

1. Prin aplicarea tratamentului de curățire a zonei gazelor de ardere a cazanului nr.4 au fost reduse cantitățile de depunere prin reacțiile dintre produsul de curățire și depunerile din cazan.
2. Depunerile rămase nu mai prezintă risc de coroziune în zona rece a cazanului
3. Depunerile rămase nu prezintă riscul de formare de eutectice ce dau topituri, acestea au fost îndepărtate și în acest fel transferul termic la nivelul pereților țevilor este mai bun.
4. Pentru mediu a fost redus riscul formării pulberilor acide și a scăzut concentrația în sulfați.

Rezultatele obținute dovedesc potențialul real și uriaș al utilizării acestora în controlul depunerilor, dar în același timp rămâne încă de cercetat procesul de evaluare al valorii compușilor și amestecurilor individuale