

# **Cercetări privind captarea CO<sub>2</sub> rezultat din arderea combustibililor fosili sau neconvenționali**

de

Ing. Dumitru CEBRUCEAN

## **Introducere**

Combaterea schimbărilor climatice este una dintre cele mai mari provocări cu care ne confruntăm în prezent. Dacă nu se iau rapid măsuri globale pentru a stabiliza creșterea temperaturii, se riscă producerea unor pagube ireversibile și catastrofice. Experții de la Grupul Interguvernamental privind Schimbările Climatice consideră că actuala creștere a concentrației de CO<sub>2</sub> în atmosferă, principalul gaz cu efect de seră, va duce la amplificarea efectului de seră, ceea ce, la rândul său, va duce inevitabil la încălzirea globală suplimentară a planetei.

Anual, sunt emise în atmosferă peste 28 Gt CO<sub>2</sub>, ca rezultat al utilizării combustibililor fosili. Sectorul energetic este responsabil pentru aproximativ 41% din emisiile globale de CO<sub>2</sub>, la nivel mondial.

În 2007, România a emis aproape 92 Mt CO<sub>2</sub> în urma arderii combustibililor fosili. Cea mai mare parte provine din sectorul energetic, responsabil pentru circa 40% din emisii totale de CO<sub>2</sub>. Dintre acestea mai mult de 72% (26.6 Mt CO<sub>2</sub>) revin centralelor termo-electrice pe bază de cărbune și circa 25% (9.1 Mt CO<sub>2</sub>) din cele pe bază de gaze naturale.

Măsurile principale ce trebuie luate pentru reducerea CO<sub>2</sub> rezultat din arderea combustibililor fosili sunt:

- mărirea eficienței centralelor termice și îmbunătățirea/optimizarea proceselor de producere a energiei;
- utilizarea combustibililor cu conținut scăzut de carbon;
- utilizarea surselor regenerabile de energie;
- aplicarea tehnologiilor de captare și stocare CO<sub>2</sub>.

Se consideră că aplicarea tehnologiilor de captare și stocare CO<sub>2</sub> ar putea contribui la limitarea emisiilor de gaze cu efect de seră cu până la 55%.

## **Obiective**

Obiectivele principale ale studiului doctoral sunt:

- Aplicarea și cercetarea experimentală a procesului de separare CO<sub>2</sub> din gazele de ardere, generate în urma arderii unor combustibili solizi, aplicând procedeul bazat pe soluției de amină;
- Investigarea procesului de reținere și diminuare a concentrațiilor poluanților din gazele de ardere, înaintea procesului de captare CO<sub>2</sub> și studiul influenței acestor poluanți asupra eficienței de absorbție CO<sub>2</sub>;
- Cercetarea și identificarea soluțiilor pentru optimizarea și îmbunătățirea caracteristicilor termice ale unui echipament termic, utilizat pentru regenerarea monoetanolaminei din absorbantul bogat în CO<sub>2</sub>.

## **Instalația experimentală și aparatele de măsură**

Instalația experimentală pentru arderea combustibilului solid (cărbune, biomasă) în strat fluidizat și epurarea gazelor de ardere este amplasată în Laboratorul Multifuncțional de Mașini Termice și Energii Neconvenționale din cadrul Universității POLITEHNICA din Timișoara.

Prelevarea gazelor de ardere se face în patru puncte de măsură cu ajutorul gazo-analizorului TESTO 300 XXL. Punctele de prelevarea gazelor se află (i) între ciclon și schimbătorul de căldură pentru regenerarea absorbantului, (ii) la intrare în scrubber și (iii) la intrare și ieșire din absorber. Temperatura gazelor este citită cu ajutorul termocuplurilor Cromel-Alumel Tip K.

Temperatura apei de răcire și a absorbantului bogat în CO<sub>2</sub> au fost înregistrate la intrare și ieșire din corpul convectiv și, respectiv, schimbătorul de căldură pentru regenerarea MEA, cu ajutorul termocuplurilor Cromel-Alumel Tip K (<100°C).

Temperatura și pH-ul soluțiilor apoase de monoetanolamină și hidroxid de sodiu, înainte și după spălarea gazelor de ardere, sunt citite cu ajutorul pH-metrului HANNA HI991002.

Debitul aerului este măsurat cu ajutorul unei diafragme aflată în canalul de aproximativ 1.5 m lungime dintre ventilatorul Cole Parmer A0704745 și preîncălzitorul de aer. În același timp, pentru confirmarea rezultatelor obținute cu diafragma, debitul de aer este măsurat cu termo-anemometrul TESTO 425.

Toate echipamentele de măsură au fost calibrate înainte și după fiecare experiment.

Temperatura gazelor și a lichidelor, citită în diferite puncte, este afișată pe display-ul unității de control și înregistrată în calculator prin sistemul de achiziție a datelor. Valorile înregistrate de gazo-analizorul TESTO 300 XXL, în timpul testelor, au fost analizate și stocate direct în calculator.

## Descriere procese

În urma procesului de ardere, gazele de ardere trec printr-o serie de etape legate, în principal, de transfer de căldură și de masă.

Combustibilul este ars într-un focar de formă cilindrică, vertical, în care agentul de fluidizare este introdus prin partea inferioară a focarului.

Gazele de ardere după ce au fost răcite și desprăfuite trec, în contracurent cu agentul termic de răcire, printr-un schimbător de căldură tubular, în care gazele de ardere sunt răcite înainte de a fi introduse în coloana de desulfurare. Gazele de ardere se introduc în scrubber prin partea de jos a coloanei și sunt spălate cu o soluție de hidroxid de sodiu. Pentru a intensifica schimb de substanță a fost format în coloană un strat din inele ceramice tip Raschig.

După ce marea parte a dioxidului de sulf este reținută, gazele trec printr-un absorber în care dioxidul de carbon este absorbit de o soluție apoasă de monoetanolamină. Reacția de absorbție între CO<sub>2</sub> și MEA are loc la temperaturi de aproximativ 50°C. Pentru a recupera MEA și de a separa CO<sub>2</sub> din amestec, este nevoie ca absorbantul bogat în CO<sub>2</sub> să fie încălzit, și procesul de încălzire are loc în schimbătorul de căldură tubular.

## Rezultate și concluzii

Scopul principal al tezei a fost studierea și investigarea experimentală a procesului de separare CO<sub>2</sub> din gazele de ardere, generate în urma arderii cărbunelui și biomasei în strat fluidizat, cu ajutorul soluției apoase de monoetanolamină. De asemenea, cercetările experimentale s-au concentrat asupra reținerii și diminuării emisiilor poluante din gazele de ardere înaintea procesului de absorbție CO<sub>2</sub>, precum și, investigarea factorilor ce duc la scăderea eficienței de captare CO<sub>2</sub>. Un alt obiectiv a fost studierea și identificarea soluțiilor pentru îmbunătățirea caracteristicilor termice ale unui schimbător de căldură, utilizat pentru regenerarea MEA din absorbantul bogat în CO<sub>2</sub>.

Cercetările experimentale au arătat:

- Arderea lignitului în strat fluidizat generează gaze de ardere cu conținut de CO<sub>2</sub> variind între 12 și 15% (volum). Concentrația dioxidului de carbon variază între 11 și 13% în urma arderii simultane a rumegușului cu lignit;
- Spălarea gazelor cu soluție apoasă de monoetanolamină, cu concentrația masică de 30%, a condus la micșorarea concentrației de CO<sub>2</sub> în gazele evacuate de la 12.8% până la 3.1%. Eficiența medie de reținere CO<sub>2</sub> din gazele de ardere, înregistrată, a fost de aproximativ 76%. Eficiența absorbției CO<sub>2</sub> cu MEA s-a redus semnificativ în timpul experimentelor unde s-au înregistrat variații mari ale concentrației de CO<sub>2</sub> în gazele de ardere înainte de absorber, precum și nivelul ridicat al emisiilor de SO<sub>2</sub>. După procesul de absorbție conținutul de CO<sub>2</sub> în gazele de ardere s-a micșorat de la 15.2% până la 5.2%, reprezentând eficiența medie de absorbție CO<sub>2</sub> de ~67%;

- Utilizarea soluției MEA 30% pentru reținerea CO<sub>2</sub> din gazele de ardere, produse în urma arderii rumegușului împreună cu lignit, a rezultat în micșorarea concentrației de CO<sub>2</sub> de la 11.5% până la 1.9%. Ceea ce a reprezentat o eficiență medie de absorbție de 83.8%. Gradul de reținere CO<sub>2</sub> scade nesemnificativ odată cu creșterea concentrației de CO<sub>2</sub> și SO<sub>2</sub> în fluxul de gaze la intrare în absorber. Concentrația de CO<sub>2</sub> medie în gazele de ardere înregistrată înainte și după absorbție cu monoetanolamină a fost de 13.5% și, respectiv, 2.3%. Eficiența medie de absorbție CO<sub>2</sub> în acest test a fost de 82.8%.

Rezultatele cercetărilor numerice privind transferul de căldură și de curgere au indicat:

- Coeficientul de convecție mediu realizat în modelele numerice cu generatori de turbulență tip bandă răsucită, în spațiul tubular, crește în mediu cu aproximativ 150% față de coeficientul de convecție obținut în spațiul tubular fără generatori. Amplasarea generatorilor de turbulență în spațiul tubular duce la creșteri semnificative ale pierderilor de presiune. Pentru modelele  $w/d_i \approx 0.95$  pierderile de presiune cresc în mediu cu ~340% față de pierderile de presiune prin tub simplu;
- Caracteristicile termice a schimbătorului de căldură sunt, în principal, îmbunătățite datorită amplasării șicanelor tip segment în spațiul extratubular. De asemenea, schimbul de căldură este pozitiv influențat și de așezarea fasciculului de țevi 30° față de curgerea fluidului. Coeficientul de convecție obținut în schimbătorul de căldură cu șicane crește în mediu cu aproximativ 114% față de coeficientul de convecție mediu obținut în schimbătorul de căldură fără șicane;
- Mărirea racordurilor de intrare/ieșire din spațiul extratubular de la 9 mm până la 21 mm a rezultat în diminuarea pierderilor de presiune cu 95%.