

METODE DE REDUCERE A EMISIEI DE OXIZI DE AZOT LA ARDEREA LIGNITULUI

**Valentin Paliță, prof.dr.ing.,
Foanene Adriana, prep.ing.**
*Universitatea "Constantin Brâncuși"
Tg-Jiu*

ABSTRACT

Lucrarea prezintă posibilitățile de reducere a oxizilor de azot utilizând metoda de introducere în trepte a combustibilului sau a aerului. Sunt evidențiate avantajele și dezavantajele metodelor și modul de aplicare.

1.INTRODUCERE. FACTORII CARE CONTRIBUIE LA FORMAREA OXIZILOR DE AZOT

La arderea combustibililor solizi în focarele cazanelor de abur rezultă cantități însemnate de poluanți sub formă de SO₂, NO_x sau pulberi. Pentru oxizii de sulf și pulberi s-au dezvoltat sisteme reținere a lor prin desulfurare sau filtrare. În schimb oxizii de azot pot fi reduși numai prin limitarea formării lor.

Emisia de NO_x depinde de compoziția și natura combustibilului și de condițiile în care se desfășoară reacția.

Factorii care contribuie la formarea NO_x sunt: temperatura flăcării, concentrația de oxigen, conținutul de azot din combustibil și timpul de staționare în zona de reacție. De asemenea contribuie excesul de aer, tipul de focar sau turbulența flăcării.

Reducerea formării de oxizi de azot în

REDUCTION OF NITROGEN OXIDES FROM THE COMBUSTION OF LIGNITE USING STOREY COMBUSTION

**Paliță Valentin, prof.dr.ing.,
Foanene Adriana, prep.ing.**
*University "Constantin Brâncuși" Tg-
Jiu*

ABSTRACT

The paper presents the possibilities for reducing nitrogen oxides using the method of introduction to ratios of fuel or air. Advantages and disadvantages are highlighted and implementation methods.

1. INTRODUCTION. FACTORS CONTRIBUTING TO THE FORMATION OF NITROGEN OXIDES

When burning solid fuels in steam boilers, resulting in amounts of pollutants as SO₂, NO_x or powders. For the sulfur oxides and dusts retention systems have been developed by de-sulfurization or filtration. The nitrogen oxides however can only be reduced by limiting their formation.

NO_x emission depends on the composition and nature of the fuel and the conditions in which the reaction takes place.

Factors that contribute to the formation of NO_x are flame temperature, oxygen concentration, nitrogen content of fuel and residence time in the area also contribute to the reaction. Also the excess air, the type of source or flame turbulence contribute.

Reducing nitrogen oxide formation during combustion by primary measures aimed at reducing NO_x are aimed at reduction of the combustion temperature,

timpul arderii prin măsuri primare de reducere a NO_x au ca scop scăderea temperaturii de ardere, evitarea vârfurilor de temperatură, amestecarea rapidă a reactanților în flacără, reducerea oxigenului în zona arderii, reducerea timpului de staționare la temperaturi ridicate înalte etc. Pentru reducere se folosesc mai multe procedee și în cele ce urmează se vor prezenta o parte din aceste procedee utilizate în instalațiile de ardere.

Măsurile de reducere a concentrației de oxizi de azot nu necesită schimbări majore în sistemul de ardere, sunt simple și economice, aplicabile instalațiilor de ardere existente și urmăresc reducerea concentrației oxigenului în zona de ardere primară a arzătorului precum și reducerea temperaturii maxime din flacără.

Aplicarea măsurilor de reducere este specifică fiecărei instalații de ardere și nu pot fi transferabile de la un focar la altul.

2. METODE DE REDUCERE A EMISIEI DE AZOT

2.1. Arzător cu ardere etajată a combustibilului

Metoda constă în întârzierea injectării unei părți din combustibil în flacără, astfel încât în flacără să existe o zonă săracă în combustibil, această zonă având însă o cantitate redusă de oxigen. În fig.1 se prezintă un arzător cu ardere etajată a cărbunelui pulverizat. Astfel în partea superioară arderea este cu exces de aer (faza săracă) și temperatura este limitată iar în partea inferioară cu exces de combustibil (faza bogată) și lipsă de oxigen.

avoiding temperature peaks, rapid mixing of reactants in the flame, reducing the oxygen in the combustion, reducing high temperature stationary time high aso.

Several reduction methods are used and in the following we will present a part of these processes used in combustion plants.

Measures to reduce nitrogen oxide concentration do not require major changes in the combustion system; they are simple and economical, applicable to existing combustion plants and aimed at reducing the oxygen concentration in the primary combustion burner as well to reduce the maximum flame temperature.

Applying reduction measures is specific to each combustion plant and may not be transferable from one source to another.

2 METHODS TO REDUCE NITROGEN EMISSION

2.1 Layered fuel combustion burner

The method consists in delaying fuel injection of part of the fuel in the flame so that in the flame there is a low fuel area, this area with a small amount of oxygen. In Figure 1 we present a layered combustion burner of pulverized coal. Thus in the top is burning with excess air (low phase) and the temperature is limited and the bottom with excess fuel (rich phase) and lack of oxygen.

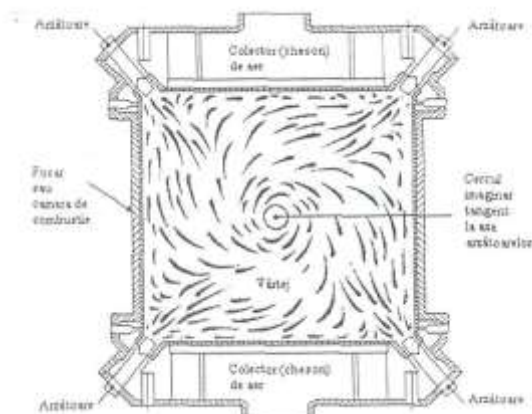


Fig.1 Arzător cu ardere etajată a cărbunelui

Fig.1 Storey coal combustion burner necessary for combustion

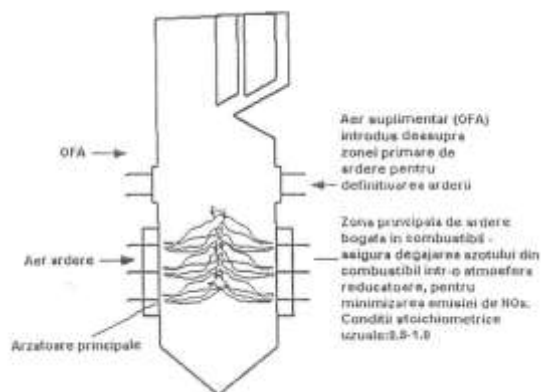


Fig.2 Arzător de cărbune cu etajarea aerului necesar arderii

Fig.2 Coal burner with layering of air ratios

În general, aerul primar este introdus odată cu combustibilul, iar aerul secundar și terțiar sunt turbionate. Flăcările cu ardere etajată prezintă un volum mult mai mare față de flăcările convenționale, fiind folosite pentru echiparea unor focare de mari dimensiuni.

In general, primary air is introduced with the fuel and secondary and tertiary air are swirled. Storey combustion flames have a much higher than conventional flame being used to equip large outbreaks.

2.2 Introducerea aerului în focar etajată pe înălțimea focarului

2.2 The introduction of air into the combustion-story height of the burner

Metoda este folosită mai ales pentru combustibilii solizi și este identică cu metoda de ardere etajată a combustibilului, crearea zonelor de ardere distincte făcându-se prin injectarea aerului etajat fie în arzător, fie în focar. În fig.2 se prezintă cazul arzătoarelor de cărbune pulverizat așezate frontal. În zona arderii se manifestă o lipsă de oxigen, necesarul de aer total fiind introdus deasupra flăcărilor.

The method is mainly used for solid fuels and the combustion method is the same with the layered burning of the fuel, creating distinct zones of combustion by air injection being made by either tiered burner or in the burner. In Figure 2 we present the case of pulverized coal burners placed frontally. The burning area there shows a lack of oxygen, the total air requirement is introduced above the flames.

În exploatarea cazanelor există următoarele metode pentru a introduce aerul în trepte: -ardere cu arzătoare de prag, folosită pentru îmbunătățirea instalațiilor existente, aplicabilă la cazanele turn. Metoda nu necesită modificarea majoră a instalației de ardere. Arzătoarele inferioare funcționează cu mult combustibil, iar cele

In the boiler operation there are the following methods to introduce air into the steps:

- threshold-combustion burners, used to improve existing facilities, applicable to tower boilers, do not require major change. The method does not require major change of the burning facility. The inferior burners work with a lot of fuel and the upper one with air excess.
- out of service burners, used for the re-endowment of existing tower boilers. The method proposes taking out of use existing

superioare cu exces de aer.

- arzătoare scoase din funcțiune, măsură folosită pentru redotarea cazanelor turn existente. Metoda propune scoaterea din funcțiune a unor arzătoare existente înaintea re tehnologizării. Astfel, arzătoarele principale de la baza focarului funcționează cu lipsă de aer, iar cele secundare, montate la nivel superior cu exces de aer. Efectul este similar cu cel al aerului introdus deasupra flăcării, reducerea emisiei de NO_x fiind la fel de eficientă. Pot apărea probleme cu consumul de combustibil, deoarece cazanul trebuie alimentat cu aceeași cantitate de căldură cu mai puține arzătoare în funcțiune. Metoda se aplică cu rezultate bune la arderea păcurii și gazelor.

- aer deasupra flăcării unde fantele pentru intrarea aerului sunt instalate deasupra rândului superior de arzătoare, o parte a aerului de ardere fiind injectat prin acestea. Reducerea NO_x se bazează pe crearea a două zone distincte de ardere: o zonă primară caracterizată prin lipsă de oxigen și o zonă secundară cu exces de aer pentru a asigura o ardere completă. Introducerea în trepte a aerului deasupra flăcării reduce cantitatea de aer disponibil în zona primară. Arzătoarele principale funcționează cu exces de aer subunitar și ca urmare producerea de NO_x este frânată prin lipsă de oxidant în imediata vecinătate a arzătoarelor. Totodată se înrăutățește arderea devenind incompletă, ceea ce duce la creșterea concentrației de CO în gazele de ardere. Pentru definitivarea arderii se introduce restul de aer la partea superioară a focarului, urmărindu-se ca procentul de nărsă să fie sub 5%. Treapta secundară, cu o temperatură relativ scăzută, limitează producerea de NO_x termic. Introducerea în trepte a aerului deasupra flăcării nu mărește consumul de

burners before re-technologization. Thus, the main burners in the furnace work with lack of air and the secondary ones, mounted at the upper level with air excess. The effect is similar to air introduced above the flame, reducing NO_x emissions being as efficient. Fuel consumption problems might occur because the boiler must be supplied with the same amount of heat with less ardent operating. The method is applied with good results for burning fuel oil and gas.

- air above the flame where the air intake vents are installed above the top row of burners, a part of combustion air is injected through them. NO_x reduction is based on the creation of two distinct combustion areas: a primary area characterized by lack of oxygen and a secondary area with excess of air to ensure complete combustion. The introduction in steps of the air over the flame reduces the amount of air available in the main area. The main burners work with excess air and thus NO_x production is hampered by lack of oxidant in immediate vicinity of the burners. Also it gets worse, burning becomes incomplete, which increases the CO concentration in combustion gases. For the completion of the burning the remaining air is introduced at the top of the furnace, taking care that the percentage of unburned gases is below 5%. The secondary stage with a relatively low temperature, limits the production of thermal NO_x. The introduction in steps of the air above the flame does not increase the facility's energy consumption. The technology is only effective if sufficient residence time for combustion gases is provided. This implies the existence of a minimum distance between the burner axis and the axis located on the last line of input slots.

In the case of pulverized coal, the arrangement of the burners in the corners and the tangential introduction of secondary air on an imaginary circle in the outbreak, limits the flame front and creates an area rich in fuel in the center of the outbreak (Fig. 3).

energie al instalației de ardere. Tehnologia este eficientă numai dacă se asigură un timp de staționare suficient pentru gazele de ardere în atmosferă redusă. Acest lucru presupune existența unei distanțe minime între axa arzătoarelor situate pe ultimul rând și axa fantelor de intrare.

În cazul cărbunelui pulverizat, dispunerea arzătoarelor în colțuri și introducerea tangențială a aerului secundar la un cerc imaginar în focar, limitează frontul flăcării și crează o zonă bogată în combustibil în centrul focarului (fig.3).

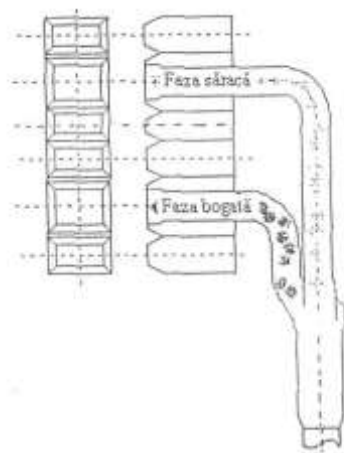


Fig.3 Dispunerea tangențială a arzătoarelor
Fig.3 Tangential arrangement of burners

Aceasta conduce la emisii de oxizi de azot mai mici decât la dispunerea frontală, reduce lungimea flăcării și ca urmare în focar temperatura este mai mică și deci emisii de NO_x mai mici.

2.3 Reducerea NO_x în focar prin reardere

Pentru reducerea concentrației oxizilor deja formați în timpul arderii la azot molecular se folosește metoda reardării gazelor de ardere în focar. Astfel, arzătoarele de la baza focarului sunt sărace în NO_x iar deasupra lor se injectează o cantitate bine

This leads to lower emissions of nitrogen oxides than the front layout, reduces the flame length and therefore the temperature in the outbreak is less and thus lower NO_x emissions.

2.3 Reduction of NO_x in the outbreak by re-burning

To reduce the concentration of oxides already formed during combustion in molecular nitrogen gas we use the methods of re-burning combustion gases. Thus the burners at the base of the furnace are low in NO_x and above them is injected fuel in a well determined quantity, thus creating a reducing atmosphere. The best injection is

determinată de combustibil creând astfel o atmosferă reducătoare. Cea mai bună injecție este de gaz natural, deoarece acesta conține azot în cantități mici. Când se arde cărbune sau păcură, azotul este prezent în combustibilul rears într-o anumită cantitate, ceea ce duce inevitabil la formarea de NO_x în zona de ardere. La reardere se formează trei zone:

- zona primară de ardere – excesul de aer α variază între 1,13-1,15 și 80-85% din combustibil este ars într-o atmosferă oxidantă sau ușor reducătoare, gazele de ardere au un conținut apreciabil de NO și nărses. Zona este necesară pentru a evita transferul de exces de O_2 în zona de reardere;

- zona reducătoare (de reardere) – condițiile sunt substoichiometrice $\alpha < 1$; compușii de genul NH_3 formați HCN și CO vor contribui la reducerea chimică a NO existent;

- zona de definitivare a arderii – se insuflă aer prin duzele montate la o distanță suficientă de suprafețele de încălzire din tavanul focarului în scopul asigurării timpului necesar reacției de oxidare și implicit a reducerii nărseselor din cenușa zburătoare, sub 5%. Radicalii hidrocarbonați formați la temperaturi de peste 1200°C în atmosfera redusă reacționează cu NO deja formați dând naștere atât azotului molecular cât și altor compuși de azot nedoriti, precum amoniacul.

Această tehnologie poate fi aplicată, în principiu, la toate tipurile de combustibili fosili și poate fi folosită în combinație cu alte procedee. Valorile uzuale ale coeficientului de exces de aer folosite în această tehnică sunt: pentru zona primară 1,1-1,15, pentru zona secundară 0,7-0,9, pentru zona de definitivare a arderii aprox. 1,15; temperatura în zona de reducere $> 1200^\circ\text{C}$; timpul de staționare în această zonă $> 0,4$ secunde.

natural gas because it contains nitrogen in small quantities. When burning coal or heavy oil, nitrogen is present in the rears fuel in a certain amount, which inevitably leads to the formation of NO_x in the burning area.

At re-burning three areas are formed:

Primary-zone combustion - air excess α varies between 1.13 to 1.15 and 80-85% of fuel is burned in an oxidizing or slightly reducing atmosphere, the flue gases have a considerable content of NO and unburnt. The area is necessary to avoid transfer of excess O_2 in the re-burning area;

- Reducing area (re-burning) - conditions are substoichiometric $\alpha < 1$, compounds such as NH_3 formed HCN and CO will chemically reduce existing NO;

- Completion of the burning zone - it breathes air through nozzles mounted at a sufficient distance from the heating surfaces in the ceiling of the furnace to ensure the necessary time for the oxidation reaction and hence of reduction of the unburnt flying ash, under 5%. Carbohydrate radicals formed at temperatures of over 1200°C in reduced atmosphere reacts with already formed NO molecular nitrogen, giving rise to both molecular nitrogen and to other unwanted nitrogen compounds such as ammonia.

This technology can be applied in principle to all types of fossil fuels and can be used in combination with other procedures. Common values of the coefficient of excess air used in this technique are: the primary area from 1.1 to 1.15, secondary area from 0.7 to 0.9, for completion of the burn area aprox. 1.15, temperature in the reduction area $> 1200^\circ\text{C}$, residence time in this area > 0.4 seconds.

CONCLUSIONS

The emission of nitrogen oxides depends on the composition and nature of fuel and the conditions in which the reaction takes place. Their formation depends on the how we lead the combustion process in the burner. The most economical solution,

CONCLUZII

Emisia de oxizi de azot depinde de compoziția și natura combustibilului și de condițiile în care se desfășoară reacția. Formarea acestora depinde de modul în care se conduce procesul de ardere în focar. Soluția cea mai economică, fără schimbări majore ale instalației, este reducerea temperaturii din focar prin introducerea aerului sau combustibilului etajat pe înălțimea focarului. Aplicarea acestor metode are și riscuri în sensul că pot să apară produse nedorite din punct de vedere mecanic sau chimic și deci scăderea randamentului.

BIBLIOGRAFIE

- Pășă I. – Formarea și reducerea NO_x – ului la arderea cărbunelui în cazane, Editura Perfect București, 2003;
- Antonescu N. - Reducerea emisiilor de NO_x prin controlul temperaturii de ardere, Revista de Energetică, seria A, nr.1, 1994;
- Mihăescu L., Pănoiu N. – Instalații de ardere a combustibililor solizi, 1985;
- ANPM – Document de referință asupra celor mai bune tehnici disponibile pentru instalațiile mari de ardere, 2005;
- Neaga C., Pășă I. – Reducerea monoxidului de azot prin acces continuu de aer, Revista de Energetică, nr.1, 1999.

without major changes to the facility, is to reduce temperature in the burner by introducing air or fuel layered on the height of the burner/ Applying these methods has risks in that unburned products may occur from a mechanical or chemical point of view and thus lowering efficiency.

BIBLIOGRAPHY

- I.Pășă – The formation and reduction of NO_x – to burning coal in boilers, Editura Perfect, Bucharest, 2003;
- N.Antonescu - Limitation of emissions of NO_x by combustion temperature control, Energy Magazine, seria A, nr.1, 1994;
- Mihăescu L., Pănoiu N. – Installations burning solid fuels, 1985;
- ANPM – Reference document on best available techniques for large combustion plants, 2005;
- Neaga C., Pășă I. – Reduction of nitrogen monoxide by continuous air access, Energy Magazine, nr.1, 1999.