

Двустъпално изгаряне на въглища в кипящ слой под налягане – възможности за приложение на паро-газов цикъл

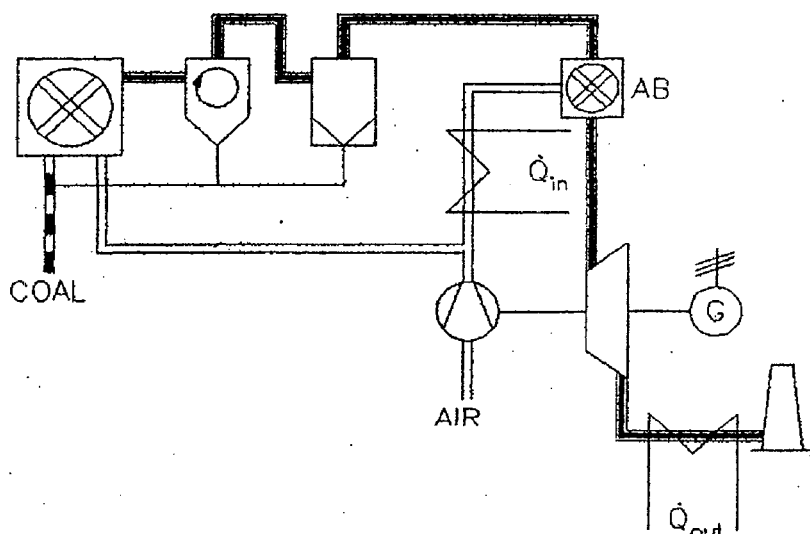


BG0100251

Проф. д-р инж. С. Батов, доц. д-р инж. Д. Попов, доц. д-р инж. П. Гаджанов,

Бързото развитието на технологиите за оползотворяване на твърди горива през последните 10-15 години доведе до широкото използване на котелни инсталации с изгаряне в "кипящ" слой. При тази технология високите емисии на серни и азотни окиси се намаляват до необходимото ниво на екологичните норми поради същностните характеристики на горивния процес и най-вече чрез поддържане на сравнително ниска температура в пешната камера - от порядъка на 850°C . Това обаче води от своя страна до ограничаване на термодинамичния к.п.д. на преобразуване на получената топлинна енергия в електрическа такава. Този проблем е най-характерен за системите при които се осъществява изгаряне на въглища в "кипящ слой" под налягане [1]. При тях се реализира паро-газов цикъл, но неговия к.п.д. се ограничава от невъзможността към газовата турбина да се подаде работно тяло с температура по-висока от $850 - 900^{\circ}\text{C}$.

Посочения по-горе проблем може принципно да се реши като пълното изгаряне на въглищата се раздели на два самостоятелни стадия реализиращи се в отделни съоръжения според принципната схема показана на фиг. 1 и както следва:



Фиг.1 Принципна топлинна схема на паро-газов цикъл с двустадийно изгаряне на въглища в "кипящ" слой

- в котелния агрегат (реактор) се осъществява първия горивен стадий при които чрез подаване на въздух в количество по-малко от необходимото за пълно изгаряне се получават изходящи газове съдържащи горими компоненти като CO , H_2 и други които се насочват към газовата турбина;
- в горивно устройство пред газовата турбина тези горими компоненти изгарят с подаване на нужното количество въздух. При това се отделя допълнително количество топлина и така става възможно температура-та на работното тяло на входа на газовата турбина да се повиши до $1200-1300^\circ C$.

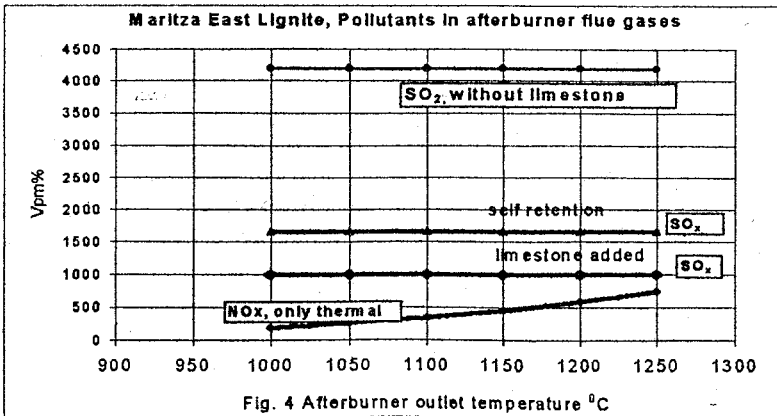
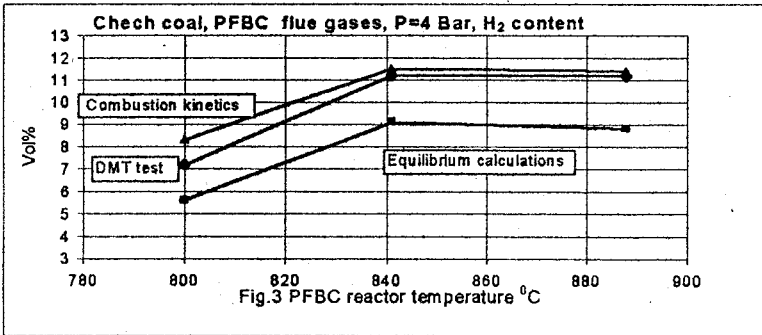
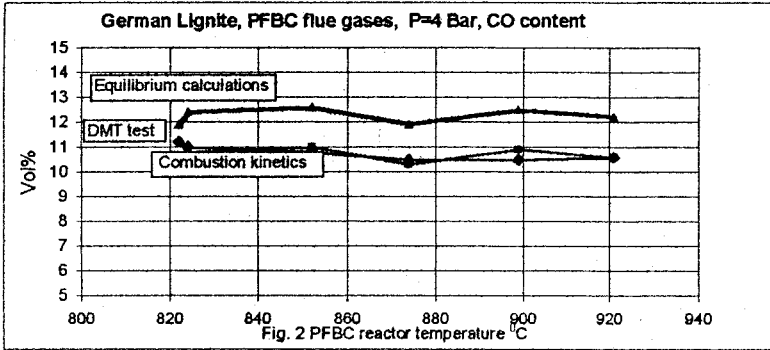
В рамките на проект финансиран от научната програма на Европейската Общност – INCO-Copernicus на ТУ-София бе възложено изчислително изследване на горе-описаните горивни процеси за три вида въглища - немски и чешки кафяви въглища и български лигнитни от Марица-изток. Същевременно в Германия, в научно-изследователския институт DMT бе изградена инсталация за опитно изследване на двустъпалното изгаряне на въглища в кипящ слой под налягане. Това даде възможност в един последващ етап резултатите от изчислителните и експерименталните изследвания да бъдат сравнявани (DMT tests на фиг. 2,3).

При своята работа изследователският екип от ТУ-София се насочи към използване на добре известния софтуерен продукт EquiTherm [2]. Това позволи създаването на високо-ефективни изчислителни модели. В първият етап на изчислителния анализ върху моделите бяха наложени следните опростяващи ограничения [3]:

- горенето в реактора с "кипящ" слой под налягане протича без добавка на варовик;
- кинетиката на взаимодействието между горивото и въздуха се пренебрегва т.е. счита се че съответните химични реакции могат да бъдат доведени до състояние на термодинамично равновесие (equilibrium calculation на фиг. 2,3).

Във вторият заключителен етап на изследванията, благодарение на по-пълното използване на възможностите на софтуерния продукт бе постигнато максимално близко описание на реалните горивни процеси. Отчиташе се добавянето на варовик и кинетиката на взаимодействието между горивото и въздуха (combustion kinetics на фиг. 2,3). Основната част от получените изчислителни резултати е представена графично по-долу. За сравнение са показани и част от опитните данни на DMT. Фиг. 2 описва добива на CO при изгарянето на немски въглища в "кипящ" слой под налягане (PFBC) при коефициент на излишък на въздух $\alpha=0.64$. Очевидно е доброто съвпадение между изчисленията с отчитане на кинетиката на горенето и експерименталните резултати.

Фиг. 3 описва добива на H_2 при изгаряне на чешки въглища в "кипящ" слой под налягане (PFBC) при коефициент на излишък на въздух $\alpha=0.58$. На фиг. 4 са показани изчислителните резултати за добива на серни и азот-



ни окиси в горивно устройство пред газовата турбина (afterburner) при двустъпално изгаряне на въглища от Марица-изток в кипящ слой под налягане.

Крайните изводи и заключения от проведените изследвания сочат че [4]:

1. Технически е възможно да бъде изградена и да работи инсталация за двустъпално изгаряне на въглища (парогенератор с кипящ слой под налягане с под-стехиометрично горене и доизгаряне на получените горимите газови компоненти в горивно устройство на газова турбина). При това е възможно да се достигне температура на работното тяло пред газовата турбина от порядъка на 1300°C при условие че въглищата бъдат предварително подсушени;
2. Използването на лигнитни въглища от Марица-изток за работа при посочените условия се затруднява поради високото им сяросъдържание. Това налага при изграждането на реални енергийни съоръжения за тях да се предвиди допълнителна сероочистка на изходящите димни газове;
3. Изгарянето на въглерода С е около и над 90% (без рецикулация на пепелта). Загубите на въглерод нарастват значително при температури в кипящия слой под 800°C .
4. Обезсеряването при под-стехиометрично изгаряне в кипящ слой под налягане е по-ниско в сравнение с конвенционалните котли с кипящ слой. Остатъчните продукти съдържат CaSO_4 и CaS (повече CaSO_4 при по-ниски температури).
5. Превръщането на азота в горивото в амоняк NH_3 е около 10-20% в зависимост от коефициента на излишек на въздух. Главната част от NO_x емисията след газовата горелка представляват термичните NO_x и се не генерират от NH_3 .

Литература:

1. PFBC: A Maturing Technology. Electric Power Research Institute, Inc.(EPRI).1996;
2. EquiTherm. Datenbank und Programm fuer thermodynamische Berechnungen. VCH Software. 1999.
3. Попов Д., П. Гаджанов, С. Батов. Предварителен анализ на горивните процеси при двустадийно изгаряне на лигнитни въглища в "кипящ" слой под налягане. Годишна конференция на ТУ-София ЕМФ'2000.
4. Final report of INCO-Copernicus project: Low emission with extremely staged coal combustion. January 2001.