

Основне карактеристике Бенсон парног котла

Светислав Љ. Марковић Стојанић Б.Немања

svetislav.markovic@ftn.kg.ac.rs, nstojanic2@gmail.com

РЕЗИМЕ

У овом раду представљене су основне карактеристике бенсон парног котла, историјат, развој и принцип рада. Приказан је котло и његови пратећи елементи који чине једну функционалну групу у производњи паре.

Кључне речи: Котло, карактеристике, принцип рада, предности

ABSTRACT

In this paper, presents the basic characteristics of the Benson steam boiler, its history, development and working principle. The boiler and its supporting elements are shown, which form one functional group in the production of steam.

Keywords: Boiler, characteristics, working principle, advantages

1.УВОД

Парни котло представља уређај у коме се хемијска енергија фосилних горива процесом сагоревања трансформише у топлотну енергију продуката сагоревања високе температуре која се преко грејних површина предаје радном флуиду. За његово загревање, испаравање и прегревање на притиску вишем од атмосферског.

Временом је парни котло постајао све сложенији, како би могао да удовољити сталним настојањима за што ефикаснијом трансформацијом хемијске енергије све шире гаме горива у топлотну енергију и што ефикаснију размену те топлоте са радним флуидом. У том циљу је парни котло снабдеван све већим бројем помоћних уређаја (механизоване решетке, млинови за угаљ, дозачи, додвачи, вентилатори за ваздух,

вентилатори за димне гасове и тако даље), па се тако сложен склоп разних машина и уређаја прикључених уз ложиште и грејне површине парног котла често назива котловским постројењем.

У новије време се за котловско постројење, због прелаза на велике капацитете и високе параметре паре, уз интензификацију и аутоматизацију свих процеса који се одвијају у њему, појавио назив генератор паре, који се најчешће односи на јединице велике снаге.

Парни котлови су толико различити по својој концепцији, намени, величини, параметрима и низу других карактеристика да се могу класификовати на много начина. Међутим, са данашњим развојем котловске конструкције и с обзиром на веома велики број типова конструкција, све класификације котлова треба прихватити са одређеном резервом. С друге стране, класификација котлова може донекле олакшати праћење развоја котловске конструкције.

Котлови се могу поделити према покретљивости, намени, запремини воде коју садрже, систему циркулације у испаривачу, хронолошком развоју, конструктивним карактеристикама итд.

Према покретљивости, котлови се могу поделити на:

- стабилан и
- мобилни.

Стабилни котлови су они који се налазе у различитим енергетским и индустријским објектима, без обзира на њихову функцију у производном циклусу, односно на сталном фиксном месту.

Мобилни котлови мењају своју локацију и користе се у различите сврхе. Налазе се на транспортним средствима (нпр. на бродовима као главном помоћном) и у мобилним термоблоковима оспособљеним за друмски или железнички транспорт.

Према намени, котлови се могу поделити у 4 основне групе, и то:

- енергетски,
- индустријски,
- котлови за грејање,
- кориснички котлови.

Енергетски котлови су један од посредника у претварању хемијске енергије фосилног горива у електричну енергију. Највећи су по јединичној снази, односно капацитету (производња паре), а по укупној инсталисаној снази надмашују укупну снагу свих осталих котлова. У

енергетске котлове спадају и они који производе пару у постројењима за комбиновану производњу електричне и топлотне енергије, тзв. термоелектране – топлане, један од тих је Бенсон парни котло,

2.КАРАКТЕРИСТИКЕ

Котло је торањске израде димезија 19 x 21 x 102,5m(у хоризонталној равни има облик приближан квадрату са страницама 19 и 21 m, а висина му је 102,5 m). Завешен је на висини од 95 м за носећу челичну конструкцију тако да слободно дилатира (издужује се).Максимално издужење цевног система износи 480 mm.

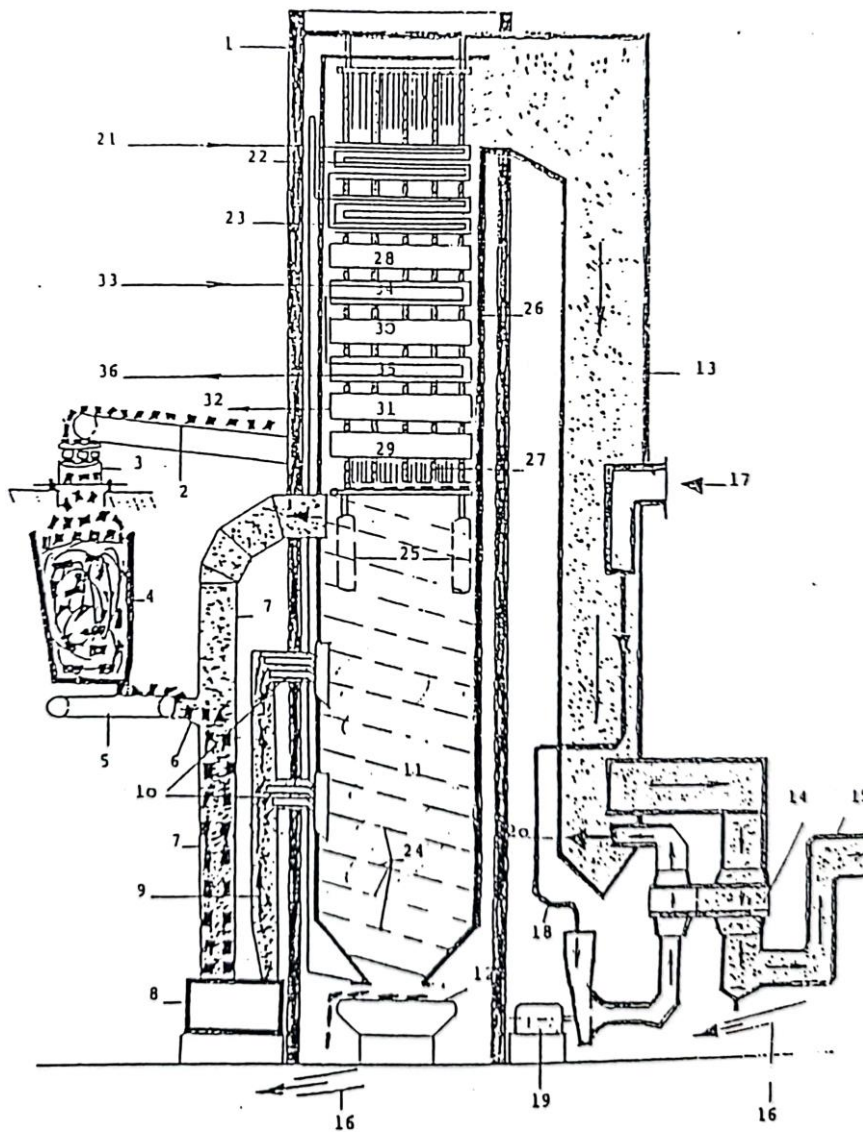
Оваквим конструктивним решењем цевни систем котла издужује се под дејством гравитационих сила, када је котло у раду, односно када је у топлом стању, а скупља када је у хладном. Тиме су избегнуте трајне деформације котла. Током рада котло је изложен само еластичним деформацијама и он "слободно дише".

Бенсон је мембранско-екрански котло, јер су зидови котла изведени од снопова челичних цеви и заварени у виду мембране (отуда назив мембрански). Како главни део топлоте цевни систем котла прима од димних гасова зрачењем, као на екрану, па назива се екранским. Због тога се често за испаривачки систем котла каже да је екрански систем или екран.

Котло је једпокапали или једнопромаји, јер има само један канал у коме су смештене све грејне површине котла. Други, мањи канал, служи само за транспорт димних гасова из ложишта котла ка димњаку.

Бенсон је парни котло високог притиска, без бубњева, суперкритични, воденоцевни парни котло са принудном циркулацијом. Изумео га је Марк Бенсон 1922. године. Овај котло је наткритични котло у коме се напојна вода компресује до наткритичног притиска и тиме се спречава стварање мехурића на површини водене цеви. Мехурићи се не формирају јер при наткритичном притиску густина воде и паре постаје иста. Марк Бенсон је први предложио идеју да се вода компримује под суперкритичним притиском пре загревања у котло и због тога се латентна топлота воде смањује на нулу. Како се латентна топлота воде смањује на нулу, вода се директно претвара у пару без стварања

мехурића. Овај суперкритични котло се користи у различитим индустријама за производњу паре, за производњу електричне или механичке енергије. Просечан радни притисак, температура и капацитет бенсон котла је 650 степени Целзијуса, 250 бара и 135 тона/х.



Слика 1. Вертикални пресек „Бенсон“ парног котла

Поједини уређаји на котлу обележени су следећим бројевима:

1. Носећа конструкција
2. Коси мост за довод угља у бункере
3. Покретна колица за пуњење бункера
4. Бункер угља
5. Додавачи
6. Спусни канал
7. Рецикулациони канал
8. Вентилаторско-чекићарски млин
9. Канал аеро смеше
10. Горионик угљене прашине
11. Ложиште котла
12. Рост (решетка за допунско сагоревање угља)
13. Канал димниг гасова
14. Ротациони загрејач ваздуха
15. Вентилатори димног гаса
16. Багер станица
17. Усис свежег ваздуха
18. Пут хладног свежег ваздуха
19. Вентилатори свежег ваздуха
20. Пут топлог свежег ваздуха
21. Улаз напојне воде у котло
22. Економајзер 1
23. Економајзер 2
24. Испаривачки систем (цеви екрана)

25. Сепаратор паре
26. Прегрејач I
27. Прегрејач II
28. Прегрејач III
29. Прегрејач IV
30. Прегрејач V
31. Прегрејач VI
32. Излаз свеже паре из котла ка турбини високог притиска
33. Довод међупрегрејане паре од турбине високог притиска (хладна линија међупрегрејања)
34. Међупрегрејач I
35. Међупрегрејач II
36. Одвод међупрегрејане паре ка турбини средњег притиска

3. ПРИНЦИП РАДА

Токови свих материја које учествују у производњи паре у котловима називају се трактовима. Делови појединих трактова зависе од врсте горива, система сагоревања и организације струјања воде при њеном испаравању.

Начин довођења горива у котло зависи од врсте горива и примењеног система сагоревања. Гориво у спрашеном стању се са загрејаним ваздухом доводи у ложиште у коме се формира смеша која сагорева. Ложиште парног котла представља, дакле, простор у коме се хемијска енергија фосилног горива претвара у топлотну енергију димних гасова (гасовитих продуката сагоревања). Димни гасови струје кроз гасни тракт котла кога чине ложиште, прегрејачи, међупрегрејачи и економајзер па се кроз димни канал (димњачу) помоћу вентилатора димног гаса посредством димњака избацују у атмосферу. Испред вентилатора за димне гасове поставља се отпрашивач (филтер), то јест, уређај за издвајање разних честица из струје гасова. Принцип рада је да се притисак воде повећава до наткритичног притиска (тј. изнад критичног

притиска од 225 бара). Када се притисак воде повећа до суперкритичног нивоа, латентна топлота воде постаје нула и због тога се директно претвара у пару без кључања.

Економајзер служи да догреје напојну воду која у котлао долази термички припремљена, са температуром око 250°C . У котлу се налазе два економајзера: ЕКО I и ЕКО II састављени од хоризонтално постављених пакета цеви и међусобно повезаних. Економајзер је прва грејна површина у котлу, у правцу кретања радног флуида кроз котлао, а последња у правцу кретања димних гасова. У економајзеру се напојна вода догрева за нових 80°C , тако да је њена температура на излазу из економајзера око 330°C . Економајзером се постижу значајне уштеде (отуда и назив економајзер), јер ће касније бити потребна мања количина топлоте у испаривачком систему да се вода преведе у пару. Како се од економајзера тражи само да догреје воду, а не да је преведе у пару, економајзер је смештен на врху котла где су димни гасови изгубили значајан део своје топлоте, али су још увек довољно топли да догреју воду за нових 80°C .

Испаривач служи да напојну воду преведе у пару. У испаривачу радни флуид мења агрегативно стање и напојна вода прелази у пару (отуда и назив испаривач). Испаривач се састоји из спирално постављених цеви у облику мембранског зида које формирају ложиште котла и његов левак. Да би се вода превела у пару потребна је велика количина топлоте, због чега испаривач захвата скоро половину запремине котла и то њену доњу, топлију, половину, где се налазе гороници угљене прашине и мазута. Испаривач прима главни део топлоте од димних гасова.

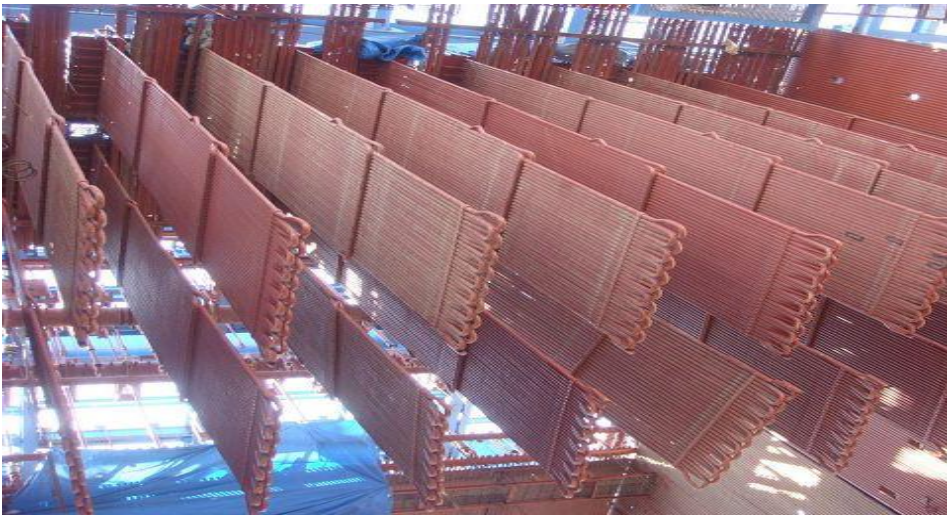


Слика. 2 Унутрашњост испаривача (екрана)

Прегрејачи служе да термички обраде влажну пару из испаривача и претворе у суву пару (свежу пару) одређених параметара.

У котлу се налазе шест редно повезаних прегрејача. Иза сваког прегрејача температура паре се повишава, тако да иза шестог прегрејача температура паре износи $543 \pm 5^\circ\text{C}$. Та пара одлази ка турбини и то ка турбини високог притиска и назива се прегрејана пара или свежа пара. Први прегрејач изведен је у облику мембранског зида са вертикално постављеним цевима које формирају горњу половину котла изнад испаривача. Прегрејач број II изведен је од вертикалних носећих цеви које носе остале грејне површине котла: економајзере, прегрејаче и међупрегрејаче. Остала четири прегрејача изведена су као хоризонтални пакети цеви поређаних по одређеном реду у горњој половини котла, а овешени за носеће цеви прегрејача број II. Сви прегрејачи, изузев прегрејача број IV, примају топлоту димних гасова конвективним путем, док прегрејач број IV, који се као први до

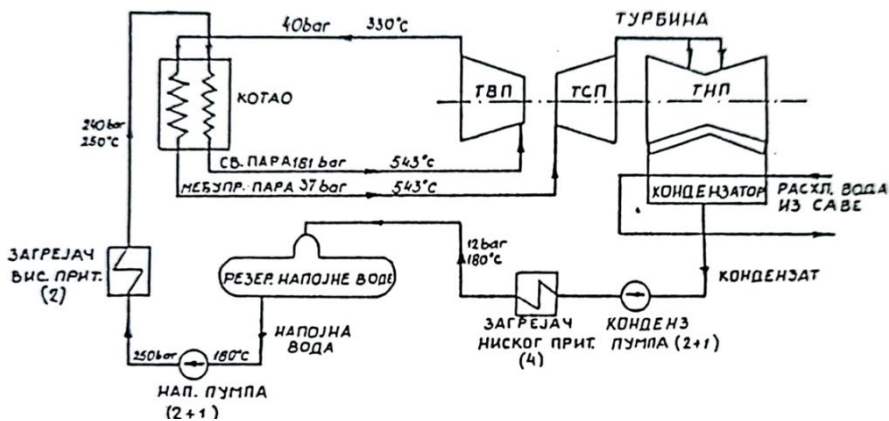
испаривача налази директно на удару димних гасова, прима топлоту и зрачењем и конвекцијом. Прегрејана водена пара излази из котла, из шестог прегрејача, као суво засићена, свежа пара са следећим параметрима: притиском од 181 bar и температуром од $543 \pm 5^\circ\text{C}$. Да би се обезбедили ови параметри свежој пари, при разним оптерећењима, врши се регулација температуре свеже паре убризгавањем воде у пару. Заправо, регулација температуре паре не може се у потпуности остварити системом ложења, јер је она трома, па се мора допуњавати убризгавањем воде у пару. Постоје три убризгавања воде у пару: иза II, IV и V прегрејача. Вода за убризгавање је напојна вода која се доводи са потиса напојне пумпе, односно из линије иза напојних пумпи.



Слика 3. Изглед прегрејача при монтажи

Међупрегрејачи служе да повише температуру паре која је експандирала у турбини високог притиска и да јој, путем топлоте, приуште нову енергију. У котлу се налазе два међупрегрејача која су постављена као хоризонтални пакети цеви и овешени на носеће цеви прегрејача број II. Експондирана водена пара из турбине високог притиска враћа се тако хладном линијом међупрегрејане паре, са температуром од 330° и притиском од 40 bar. Међупрегрејана пара најпре долази у бифлукс, који се налази на линији између III и IV прегрејача, где се врши измена топлоте између свеже и међупрегрејане паре, а затим у међупрегрејаче I и II у којима се на рачун топлоте димних гасова даље догрева међупрегрејана пара све док не достигне

температуру од $543 \pm 5^\circ\text{C}$, тј. исту као и свежа пара. Ради успешне регулације температуре међупрегрејаје паре, врши се убризгавање воде у пару и то иза I и II међупрегрејача, из међупрегрејача II водена пара одлази ка турбини средњег притиска, температуром од $543 \pm 5^\circ\text{C}$ и притиском од 37 bar. Ова пара назива се прегрејана пара, а линија којом она иде од котла ка турбини, назива се топлом линијом међупрегрејане паре.



Слика 4. Топлотна шема, циклус вода-пара

4. Закључак

Из свега до сада приказаног може се закључити да је парни котлоа кроз историју постајао све сложенији, опремљен све већим бројем помоћних уређаја, како би могао да одговори на изузетно сложене захтеве које захтева савремена индустрија. У последње време акценат је стављен на нове материјале, који су неопходни за израду свих критичних компоненти котлова и турбина. Међутим, приликом планирања изградње и производње нових котлова у будућности, мора се узети у обзир и следеће: еколошки критеријум (смањење загађења, смањење емисије CO_2), планирање будућности кроз контролу потрошње природних ресурса Земље (очување резерви чврстог горива).

Литература

- [1] Парни котлови шесто издање – Машински факултет у Београду
- [2] Термоелектрана Никола Тесла А - архива