

## Fluidní ohniště

= spalování ve vznosu

### Výhody

- částice paliva jsou rovnoměrně obklopeny proudícím oxidem uhličitým
- relativní rychlost paliva a vzduchu je vysoká = intenzivní spalování a přenos tepla a hmoty
- dlouhá doba setrvání  $\approx$  desítkám minut – umožňuje spalovat při nízkých teplotách – optimálně 850 °C
  - omezená tvorba  $\text{NO}_x$  – pouze palivové
  - uhlí - maximální účinnost aditivního odsiřování
  - biomasa – nevedí nižší teplota tavení popelovin
- jednodušší příprava paliva – pouze rozměrová homogenizace
- částice mohou být do vrstvy jednoduše a nepřetržitě přiváděny shozem a nepřetržitě z ní i odváděny
- multipalivový program

1

## Fluidní ohniště

### Nevýhody

- technicky a provozně náročnější zařízení
- vyšší příkon vzduchového ventilátoru -  $\Delta p \approx 11$  až 25 kPa
- kontinuálních přívod a odvod částic i při jejich intenzivním promíchávání může vést k tomu, že jejich zdržení ve fluidní vrstvě je různé
- intenzivní pohyb částic je příčinou jejich otěru a rozpadu a následného úletu z fluidní vrstvy
- v důsledku abrazivních účinků zrnité pevné fáze může docházet k rychlému opotřebení částí zařízení

2

## Příprava uhlí pro FO

Výrazně jednodušší než u práškových ohnišť

- separace cizích předmětů
- homogenizační drcení na rozměr 0,5 – 5 mm

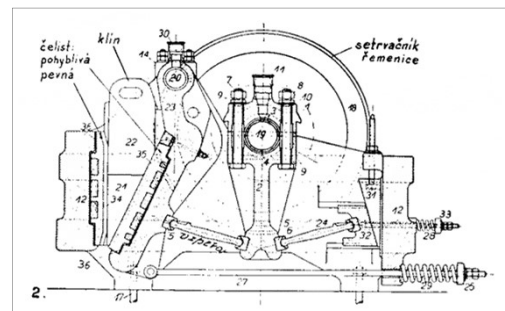
### Typy drtičů

- čelistový
  - dvouvzpěrný
  - jednovzpěrný
  - dvojčinný
- válcový
- kladivový

3

## Čelistový drtič dvouvzpěrný

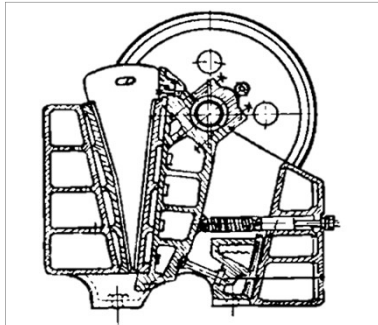
- velikost rozdrčeného zrna je dána šířkou spodní štěrbině mezi oběma čelistmi



4

## Čelistový drtič jednovzpěrný

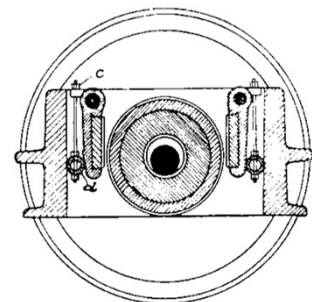
- pohyblivá čelist je přímo otočná na výstředníku a má jen jednu vzpěrnou desku
- čelist opisuje šikmou nakloněnou elipsu
- mají menší rozvěr tlamy a tím i její spodní štěrbinu
- drcení na rozměr 30 – 50 mm



5

## Čelistový drtič dvojčinný

- skládá se ze dvou pevných čelistí a výstředně uloženého drtičového válce
- čelist ve směru otáčení drtičového válce má asi o polovinu větší výkon než čelist
- používá se k drcení do velikosti 0 – 20 mm pro nepříliš tvrdé hmoty



6

## Válcový drtič

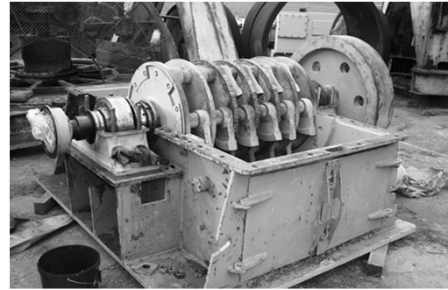
- se vyrábějí s válci hladkými, rýhovanými nebo ozubenými
- zubové drtiče jsou primárně určeny pro drcení škváry
- drtiče s hladkými nebo rýhovanými válci se používají pro drcení různých materiálů včetně uhlí pro konečný produkt do 5 mm



7

## Kladivový drtič

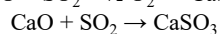
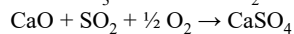
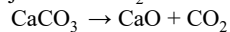
- konstrukčně podobné tlukadlovému mlýnu
- určeny pro jemné a střední drcení měkkých a středně tvrdých nelepivých materiálů včetně černého a hnědého uhlí



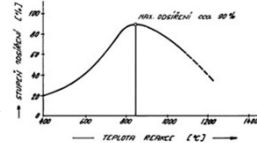
8

## Aditivní odsířování ve FO

- Dávkováním vápence do kotle lze docílit k částečnému odsíření spalin tj. redukcí  $\text{SO}_2$  hlavně reakcí



- Optimální teplota pro odsíření je 850 - 900 °C.
- Účinnost odsíření je závislá na
  - obsahu síry v palivu,
  - kvalitě vápence,
  - homogenitě fluidní vrstvy,
  - době pobytu ve fluidním reaktoru
  - dalších faktorech.
- Dávkování vápence se uskutečňuje na základě molárního poměru  $\text{Ca/S} = 1,5 - 2,2$  (4).



9

## Fluidní ohniště

- drcené uhlí o rozměru 0 až 5 mm se spaluje ve fluidní vrstvě
- podle chování fluidní vrstvy se kotle dělí
  - kotle s fluidním ohništěm se stacionární fluidní vrstvou
  - kotle s fluidním ohništěm s cirkulující fluidní vrstvou

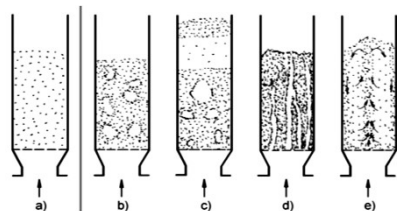
10

## Ohniště se stacionární fluidní vrstvou

charakteristická je

- nižší rychlost fluidační tekutiny
- menší expanze (výška) fluidní vrstvy
- jasně ohraničená hladina fluidní vrstvy v požadované výšce nad fluidním roštem

Různé typy stacionární fluidní vrstvy:



a – rovnoměrná, b – bublající, c – pístová, d – kanálková, e – tryskající

11

## Fluidní rošt

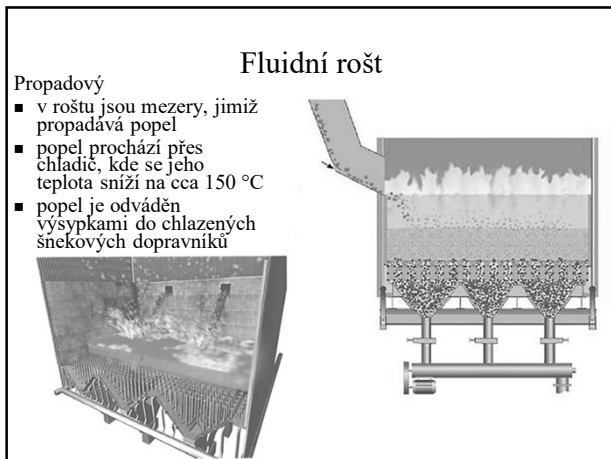
- fluidní rošt je sestaven z trubkových přívodů, které jsou spodní částí přivařeny k otvorům v membránovém dnu spalovací komory (v pásících mezi trubkami) a jejichž horní část je uzavřena tzv. kloboučkem s otvory pro výstup vzduchu
- kloboučky mohou mít různé provedení, ale musí být konstruovány tak, aby znemožnily zpětný tok částic fluidní vrstvy do trubkových přívodů

Bezpropadový

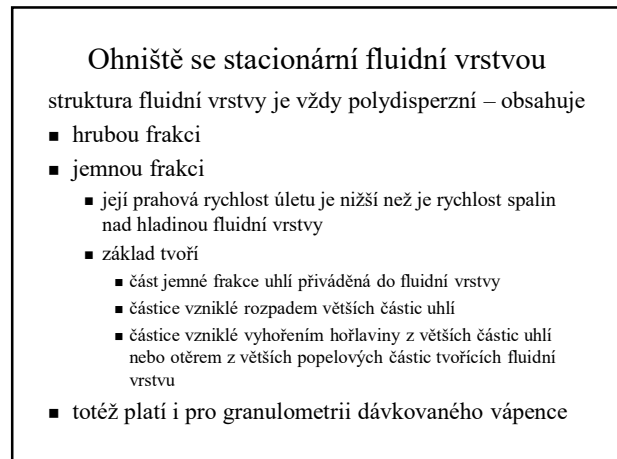
- odvod materiálu se řeší bočním výstupem



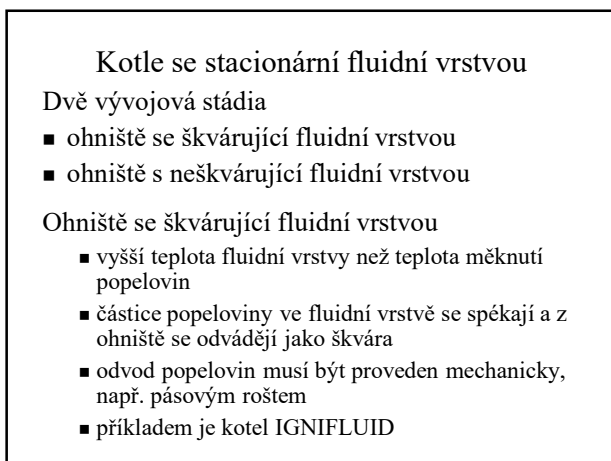
12



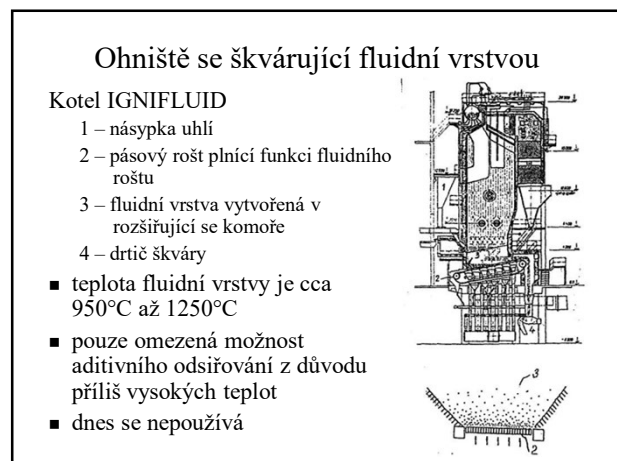
13



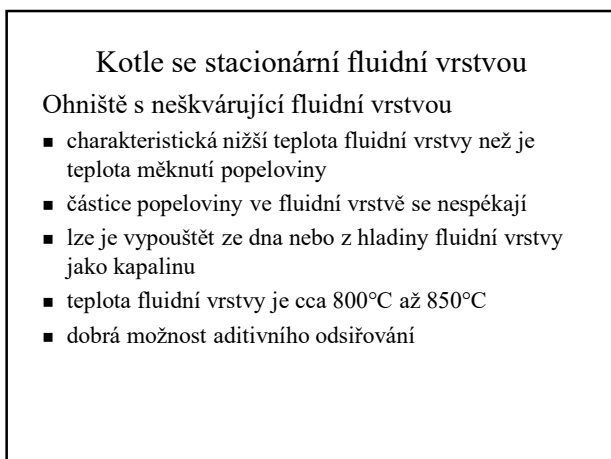
14



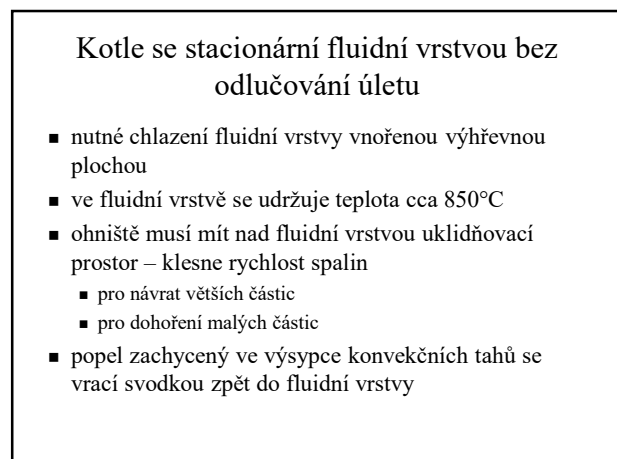
15



16



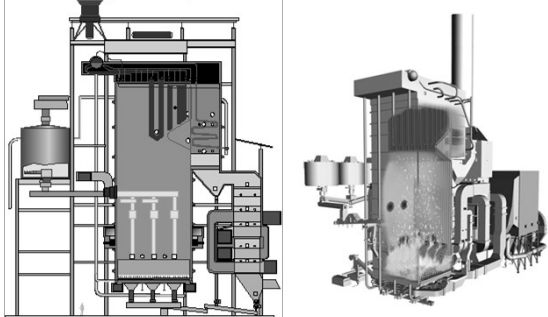
17



18

### Kotle se stacionární fluidní vrstvou bez odlučování úletu

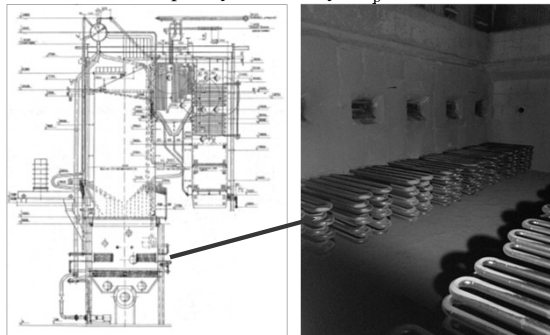
- kotle o parním výkonu až 300 MW



19

### Kotle se stacionární fluidní vrstvou bez odlučování úletu

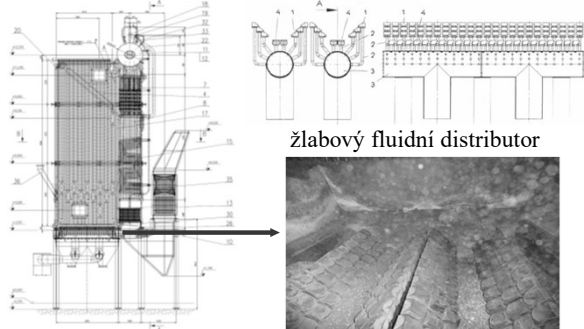
- fluidní kotel teplárny Komořany  $M_p = 125 \text{ t/h}$



20

### Kotle se stacionární fluidní vrstvou bez odlučování úletu

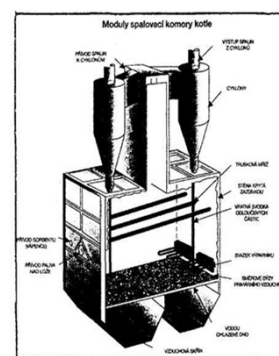
- fluidní kotel teplárny Klatovy  $M_p = 12 \text{ t/h}$



21

### Kotle se stacionární fluidní vrstvou s odlučováním úletu

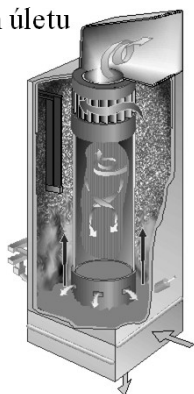
- koncept firmy ALSTOM
- kotle do výkonu 265 t/h
- odlučovací cyklony pro cirkulaci jemných částic
- fluidní ohniště kotle je sestaveno z modulů
- spaliny ze všech cyklonů se vedou do společného tahu kotle
- ve fluidní vrstvě jsou ponořené plochy výparníků
- okamžitý výkon kotle se reguluje výškou fluidní vrstvy



22

### Kotle se stacionární fluidní vrstvou s odlučováním úletu

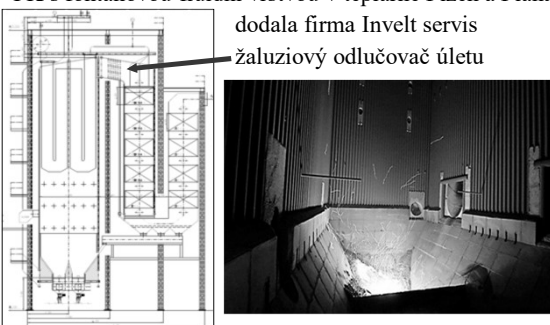
- nabízí firma METSO pro spalování biomasy
- fluidní ložisko vytvořeno z cizího inertního materiálu - písek
- kotle do výkonu 265 t/h
- použit centrální odlučovač jemných částic
- teplota vrstvy regulována postranní plochou - přehřívák



23

### Kotle se stacionární fluidní vrstvou s odlučováním úletu

- FK s fontánovou fluidní vrstvou v teplárně Plzeň a Planá dodala firma Invelt servis žaluziový odlučovač úletu



24

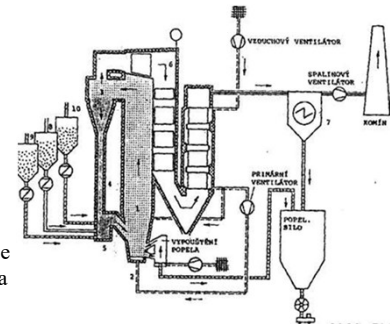
### Kotle s fluidním ohništěm s cirkulující fluidní vrstvou

- charakteristická silně expandovaná fluidní vrstva zaplňující ohniště po celé výšce
- neexistuje horní hranice fluidní vrstvy - je určena odlučovacím cyklonem
- v cyklonu se fluidní vrstva rozdělí
  - na materiál fluidní vrstvy - vrací zpět do fluidní vrstvy nad dno ohniště
  - na spaliny obsahující neodloučenou jemnou frakci popela - postupují do konvekčního tahu
- teplota fluidní vrstvy se reguluje na 860 °C
- hlavní předností je schopnost dosáhnout velký stupeň odsíření spalín prostým přidáváním vápence do FO

25

### Kotle s fluidním ohništěm s cirkulující fluidní vrstvou

- 1 – fluidní ohniště
- 2 – fluidní rošt
- 3 – odlučovací cyklon
- 4 – svodka
- 5 – fluidní uzávěr
- 6 – konvekční tah
- 7 – odlučovač úletu
- 8 – zásobník uhlí
- 9 – zásobník vápence
- 10 – zásobník popela (pro najíždění)



26

### Kotle s fluidním ohništěm s cirkulující fluidní vrstvou

Zařízení pro odtah popela z fluidního lože

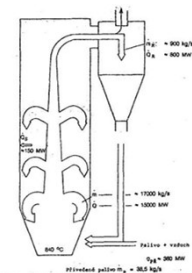
- řešeno různými způsoby dle zkušeností firmy
- obvykle plní dvě funkce
  - funguje jako fluidní tříděč
    - hrubá frakce se odvádí
    - jemnější frakce se vrací zpět do spalovací komory
  - plní funkci chladiče odváděných popelovin - fluidační tekutinou je
    - studený spalovací vzduch (40°C),
    - recirkulované spaliny (130°C)
- konečné dochlazení na cca 130°C se dosahuje ve vodou chlazeném vynášecím šnekovém dopravníku

27

### Kotle s fluidním ohništěm s cirkulující fluidní vrstvou

Fluidní vrstva je tvořena těmito strukturami

- ve vertikálním směru (bráno od spodu)
  - husté lože – bublinkující struktura
  - přechodová zóna
  - transportní zóna
  - výstup do cyklonu
- v radiálním směru
  - řídkým jádrem se vzestupným proděním
  - hustším obvodovým proudem se sestupným proděním



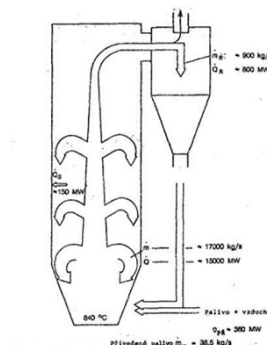
28

### Kotle s fluidním ohništěm s cirkulující fluidní vrstvou

Př.: příkon ohniště 360 MW

- vzestupný hmotnostní tok z fluidního roštu činí 17000 kg/s
- přivedené množství paliva 38,5 kg/s  $\approx$  0,22 %

fluidní vrstvu tvoří z naprosté většiny částice cirkulujícího popela o různé velikosti



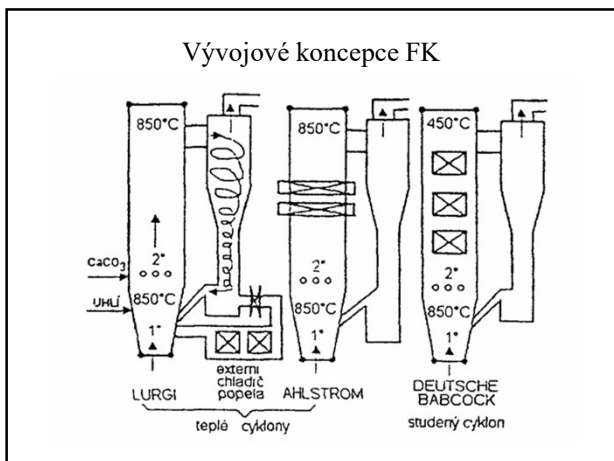
29

### Kotle s fluidním ohništěm s cirkulující fluidní vrstvou

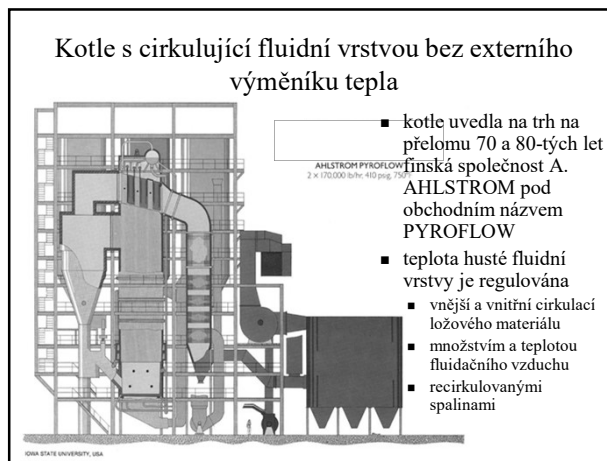
Koncepční řešení se liší především způsobem regulace teploty fluidní vrstvy

- bez externího výměníku
  - s odlučovacím cyklonem -klasický cyklon
  - s modifikovaným odlučovačem
  - s odlučovací mříží
- s externím výměníkem

30



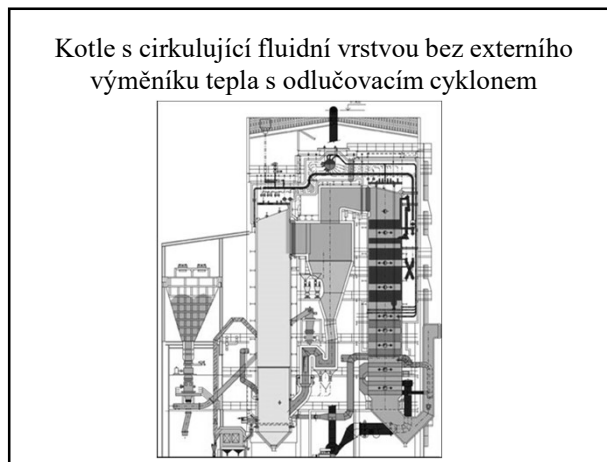
31



32



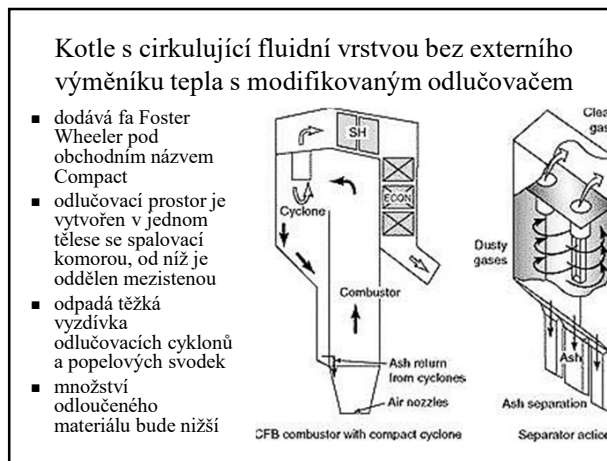
33



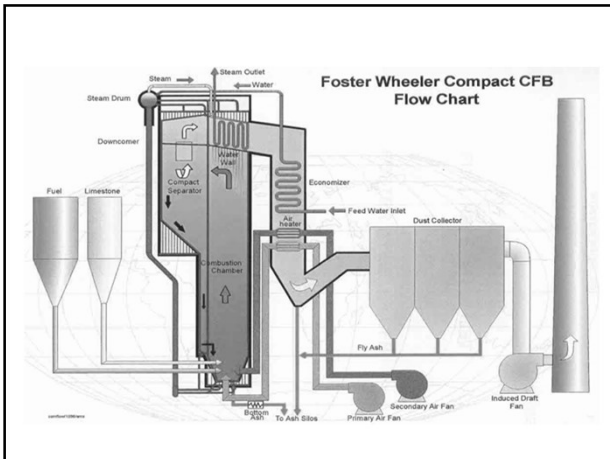
34



35



36



37

Kotle s cirkulující fluidní vrstvou bez externího výměníku tepla s modifikovaným odlučovačem

38

Kotle s cirkulující fluidní vrstvou bez externího výměníku tepla s modifikovaným odlučovačem

39

Kotle s cirkulující fluidní vrstvou bez externího výměníku tepla s odlučovací mříží

- systém Babcock Wilcock -IC-CFB
- kompaktní řešení vycházející z konstrukce klasického práškového dvoutahového kotle
- fluidní vrstva expanduje až pod strop spalovací komory
- do vodorovného spojovacího tahu proudí přes dva stupně odlučovací mříže z U profilů
- odloučený materiál se vrací zpět do spodní části spalovací komory - tento okruh se nazývá primární (interní)
- spaliny s jennější frakcí proudí dále přes konvekční tah - odloučí se v multicyklonu, který je umístěn mezi EKO a LUVO
- odloučený materiál se vrací zpět do spodní části spalovací komory - tento okruh se nazývá sekundární (vnější)

40

Kotle s cirkulující fluidní vrstvou bez externího výměníku tepla s odlučovací mříží

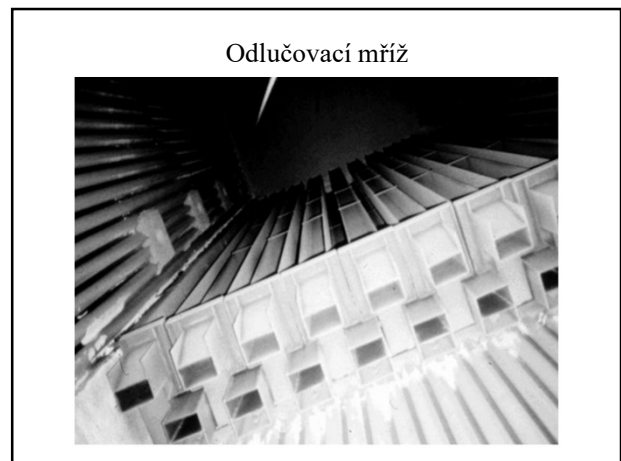
Individual Gas Outlet Hoods

Access for Inspection

High Hardness Collection Components

multicyklon odlučovací mříž

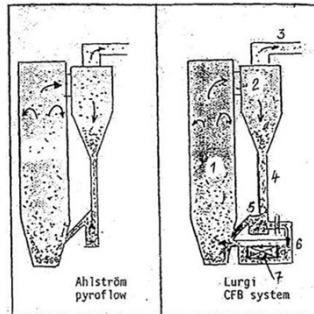
41



42

### Kotle s cirkulující fluidní vrstvou s externím výměníkem

- systém uvedla na trh začátkem 80-tých let německá společnost LURGI
- 1 – fluidní ohniště
- 2 – odlučovací cyklon
- 3 – konvekční tah
- 4 – svodka
- 5 – fluidní uzávěr
- 6 – externí výměník tepla
- 7 – výhřevná plocha výměníku



43

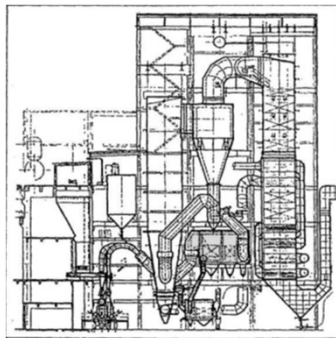
### Kotle s cirkulující fluidní vrstvou s externím výměníkem

- zvláštním jehlovým ventilem se rozdělí odlučený materiál z cyklonu na 2 části
  - 1. proudí přímo přes fluidní uzávěr do spalovací komory
  - 2. část se vede do externího výměníku, kde se ochladí např. na 600°C a teprve pak se vrací do spalovací komory
- změnou poměru materiálu vráceného do spalovací komory přímo z fluidního uzávěru a materiálu jdoucího přes externí výměník, se mění tepelná bilance spalovací komory
- externí výměník tepla je proveden jako fluidní výměník s výhřevnými plochami ponořenými ve stacionární fluidní vrstvě
- chladičí plochy jsou zapojené jako výparník a přehřívák
- jako fluidační tekutina v externím výměníku je použita část spalovacího vzduchu, která se pak zavede do spalovací komory

44

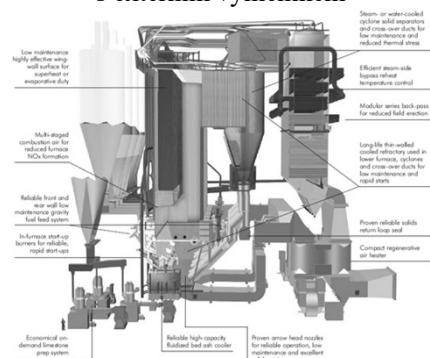
### Kotle s cirkulující fluidní vrstvou s externím výměníkem

- kotel o výkonu 160 t/h
- parametry páry 9,6 MPa a 540°C
- externí výměník je umístěn pod odlučovacími cyklony
- má samostatný skluz popela do spalovací komory
- palivo z uhlého bunkru se upravuje na požadovanou velikost (0-10 mm) v drtičích
- z nich se vede samostatnými vstupy do spalovací komory



45

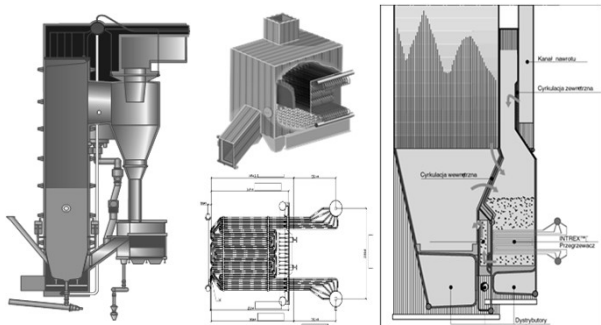
### Kotle s cirkulující fluidní vrstvou s externím výměníkem



46

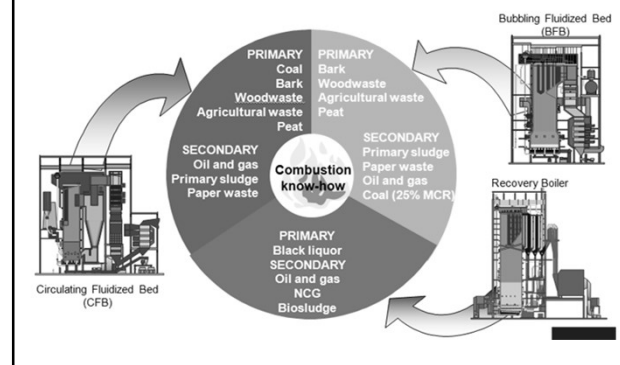
### Kotle s cirkulující fluidní vrstvou s externím výměníkem umístěným v recirkulovaném fluidizačním materiálu

- výstupní přehřívák je umístěn do recirkulovaného fluidizačního materiálu



47

### Doporučené typy kotlů pro různá paliva



48



### Modelování fluidního ohniště

- komplexní problém
- obecná metodika neexistuje
- je třeba řešit
  - fluidaci pevných částic
  - změnu frakčního rozložení částic podle jejich velikosti
  - proudění spalin
  - spalování uhlí
  - homogenní a heterogenní chemické reakce
  - přenos tepla

49

### Existující modely

- bilanční – fluidní ohniště (FO) řeší jako jeden celek – velmi zjednodušené
- jednorozměrné
  - vyhovující pro popis vzestupného proudění spalin
  - nepostihují zpětnou cirkulaci hmoty ve vrstvě
- vícerozměrné – nejobecnější a nejkomplexnější avšak velmi složité

50