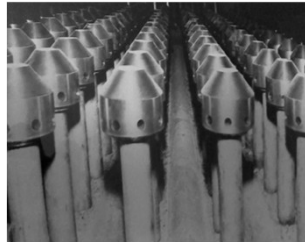


Fluidní ohniště

- Fluidizace je obecně děj, v němž je soubor pevných částic (paliva + popela) udržován ve vznosu vzestupným proudem vzdušiny = fluidní vrstva
- Fluidní vrstvu tvoří disperzní systém, který se vytváří průtokem plynu vrstvou částic nasypáných na tryskové dno - tzv. fluidní rošt
- Trysky fluidního rošty jsou opatřeny kloboučky proti průniku popela

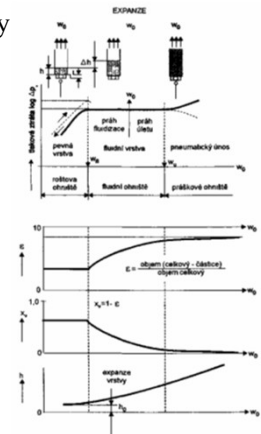


Charakteristika fluidní vrstvy

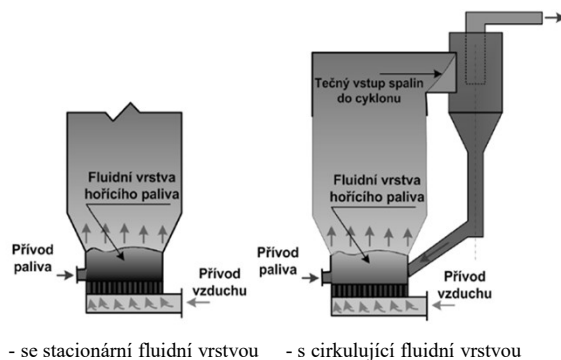
- fluidní vrstva je tvořena inertním materiálem (popel) a 2-5% paliva
- pokud palivo nemá dostatek popela (biomasa) dávkuje se cizí inertní materiál (písek, cizí popel)

Charakteristické veličiny:

- ε (-) - poměrná mezerovitost (objem mezer/objem fluidní vrstvy),
- x_v (-) - objemová koncentrace částic ($x_v = 1 - \varepsilon$),
- h (m) - výška fluidní vrstvy,
- Δp (Pa) - tlaková ztráta fluidní vrstvy,
- w_{fl} (m/s) - prahová rychlost fluidizace,
- w_u (m/s) - prahová rychlost úletu,
- w_o (m/s) - rychlost nad fluidním ložem



Srovnání různých typů fluidních ohnišť



Fluidní ohniště

Výhody

- částice paliva jsou rovnoměrně obklopeny proudícím oxidáčivadem
- 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 NO_x – pouze palivové
 - uhlí – maximální účinnost aditivního odsiřování
 - biomasa – nevadí 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

Fluidní ohniště

Nevýhody

- technicky a provozně náročnější zařízení
- vyšší tlaková ztráta fluidního lože \Rightarrow nutný větší přetlak a tedy 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 zmité pevné fáze může docházet k rychlému opotřebením částí zařízení

Příprava paliva pro FO

Výrazně jednodušší než u práškových ohnišť

- separace cizích předmětů
- u biomasy separace nadrozměrných kusů
- u uhlí homogenizační drcení na rozměr 0,5 – 5 mm

Typy drtičů na uhlí

- čelistový
- válcový
- kladivový

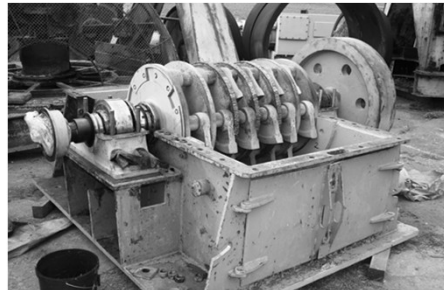
Válcový drtič

- 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



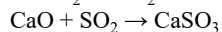
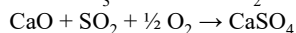
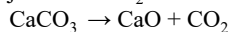
Kladivový drtič

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



Aditivní odsířování ve FO

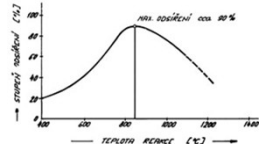
- Dávkováním vápence do kotle lze docílit k částečnému odsíření spalin tj. redukcí SO₂ hlavně reakcí



- 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.



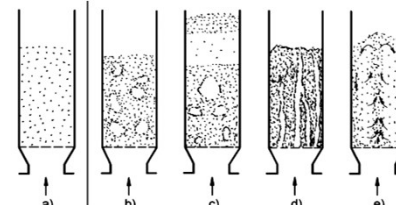
- Dávkování vápence se uskutečňuje na základě molárního poměru Ca/S = 1,5 - 2,2 (4).

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 – kanáliková, e – tryskající

Fluidní rošt

- fluidní rošt je sestaven z trubkových přívodů, které jsou spodní částí přivařeny k otvorům v membránovém dnu spalovací komory (v páscích 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 zneškodnily zpětný tok částic fluidní vrstvy do trubkových přívodů

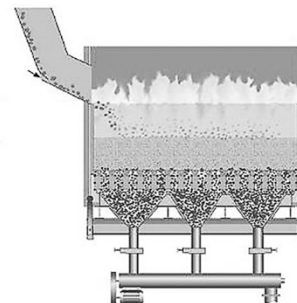
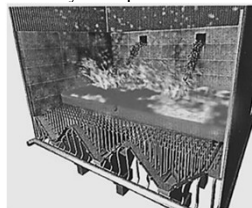


Bezpropadový FR →

- odvod materiálu se řeší bočním výstupem

Fluidní rošt propadový

- v roštu jsou mezery, jimiž propadává popel
- popel prochází přes chládič, kde se jeho teplota sníží na cca 150 °C
- popel je odváděn výsypkami do chlazených šnekových dopravníků



Ohniště se stacionární fluidní vrstvou

struktura fluidní vrstvy je vždy polydisperzní – obsahuje

- hrubou frakci
- jemnou frakci
 - její prahová rychlost úletu je nižší než je rychlost spalin nad hladinou fluidní vrstvy
 - základ tvoří
 - část jemné frakce uhlí přiváděná do fluidní vrstvy
 - částice vzniklé rozpadem větších částic uhlí
 - částice vzniklé vyhořením hořlaviny z větších částic uhlí nebo otěrem z větších popelových částic tvořících fluidní vrstvu
- totéž platí i pro granulometrii dávkovaného vápence

Kotle se stacionární fluidní vrstvou

Dvě vývojová stádia

- ohniště se škvárující fluidní vrstvou
- ohniště s neškvárující fluidní vrstvou

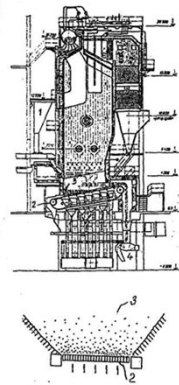
Ohniště se škvárující fluidní vrstvou

- vyšší teplota fluidní vrstvy než teplota měknutí popelovin
- částice popeloviny ve fluidní vrstvě se spékají a z ohniště se odvádějí jako škvára
- odvod popelovin musí být proveden mechanicky, např. pásovým roštem
- příkladem je kotel IGNIFLUID

Ohniště se škvárující fluidní vrstvou

Kotel IGNIFLUID

- 1 – násypka uhlí
 - 2 – pásový rošt plnící funkci fluidního roštu
 - 3 – fluidní vrstva vytvořená v rozšiřující se komoře
 - 4 – drtič škváry
- teplota fluidní vrstvy je cca 950°C až 1250°C
 - pouze omezená možnost aditivního odsiřování z důvodu příliš vysokých teplot
 - dnes se již nepoužívá



Kotle se stacionární fluidní vrstvou

Ohniště s neškvárující fluidní vrstvou

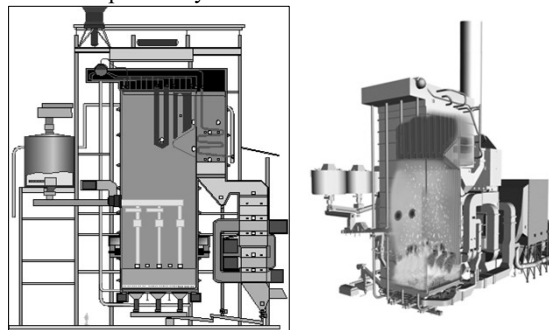
- charakteristická nižší teplota fluidní vrstvy než je teplota měknutí popeloviny
- částice popeloviny ve fluidní vrstvě se nespékají
- lze je vypouštět ze dna nebo z hladiny fluidní vrstvy jako kapalinu
- teplota fluidní vrstvy je cca 800°C až 850°C
- dobrá možnost aditivního odsiřování

Kotle se stacionární fluidní vrstvou bez odlučování úletu

- ve fluidní vrstvě se udržuje teplota cca 850°C
- odvod tepla z fluidní vrstvy vyžaduje
 - větší průřez spalovací komory
 - chlazení fluidní vrstvy vnořenou výhřevnou plochou
- pro regulaci teploty se používá
 - vhodný přebytek a distribuce spalovacího vzduchu
 - recirkulace spalin
- ohniště musí mít nad fluidní vrstvou uklidňovací prostor – klesne rychlost spalin
 - pro návrat větších částic
 - pro dohoření malých částic
- popel zachycený ve výsypce konvekčních tahů se vrací svodkou zpět do fluidní vrstvy

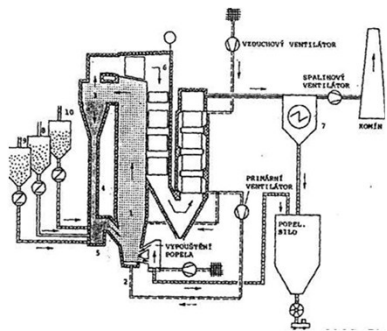
Kotle se stacionární fluidní vrstvou bez odlučování úletu

- kotle o parním výkonu až 300 MW



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)



Kotle s fluidním ohništěm s cirkulující fluidní vrstvou

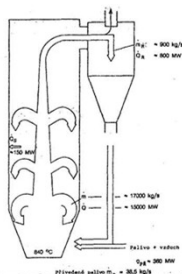
Zařízení pro odtah popela z fluidního lože

- řešeno různými způsoby dle zkušeností firmy
- obvykle plní dvě funkce
 - funguje jako fluidní třídič
 - 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

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

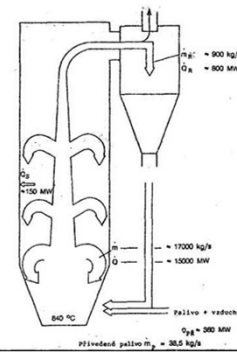


Kotle s fluidním ohništěm s cirkulující fluidní vrstvou

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

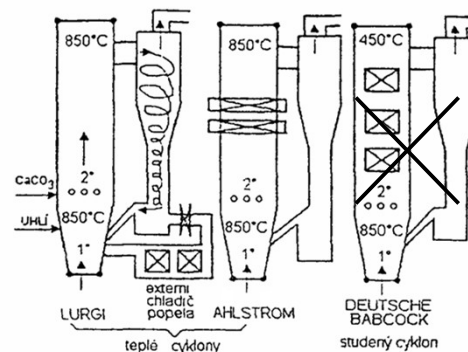


Kotle s fluidním ohništěm s cirkulující fluidní vrstvou

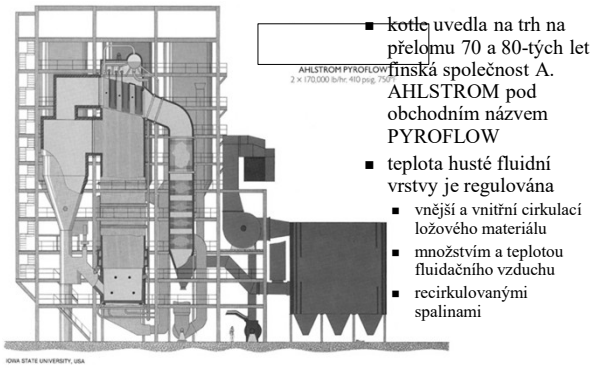
Konceptní řešení se liší především způsobem regulace teploty fluidní vrstvy

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

Vývojové koncepce FK



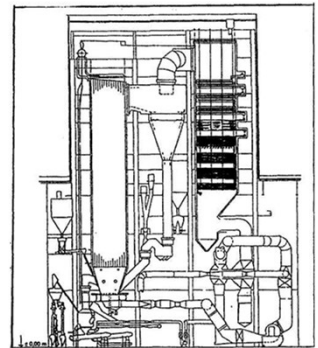
Kotle s cirkulující fluidní vrstvou bez externího výměníku tepla



- kotle uvedla na trh na přelomu 70 a 80-tých let švédská společnost A. AHLSTROM pod obchodním názvem PYROFLOW
- teplota husté fluidní vrstvy je regulována
 - vnější a vnitřní cirkulací ložového materiálu
 - množstvím a teplotou fluidačního vzduchu
 - recirkulovanými spalínami

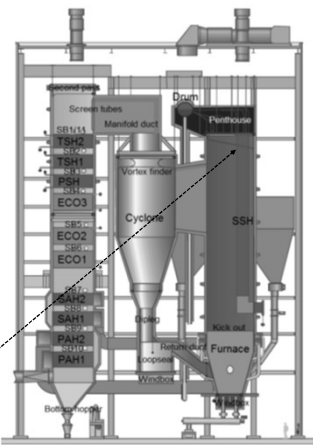
Kotle s cirkulující fluidní vrstvou bez externího výměníku tepla s odlučovacím cyklonem

- kotle o výkonu 350 t/h (ETI FK1)
- parametry páry 9,4 MPa a 505°C
- palivo i vápence se dopravuje do popelového skluzu před vstupem do spalovací komory
- ohniště s jednou spalovací komorou a dvěma odlučovacími cyklony
- jeden druhý tah (samostatné těleso) s přehříváky a ohřívákem vody
- spodní část spalovací komory je zúžená do tvaru trychtýře, stěny jsou provedeny ze žárovečné hmoty
- veškerý materiál fluidní vrstvy odloučený v cyklonech se vrací neochlazený zpět do spalovací komory
- cyklony, svodky i fluidní uzávěry jsou vyzděné žárovečnou vyzdívkou

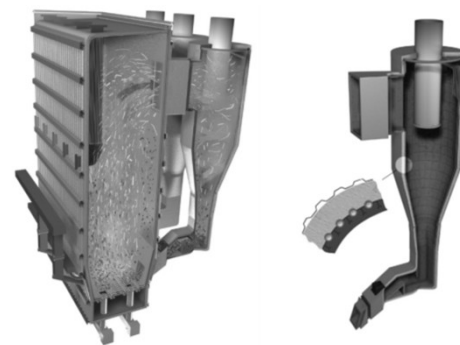


Kotle s cirkulující fluidní vrstvou bez externího výměníku tepla s odlučovacím cyklonem

90 MW, 120 t/h
99 bar, 535 °C



Kotle s cirkulující fluidní vrstvou bez externího výměníku tepla s odlučovacím cyklonem

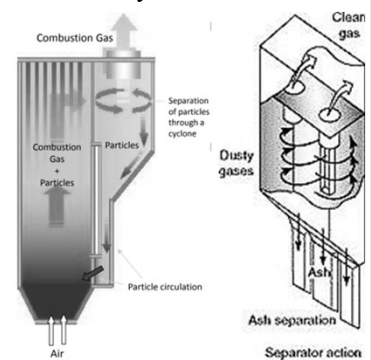


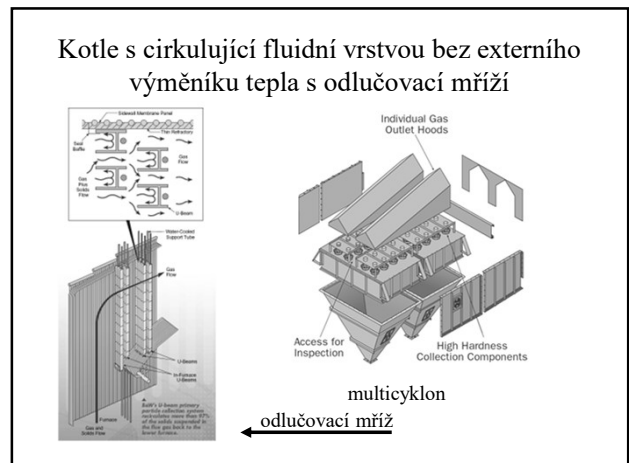
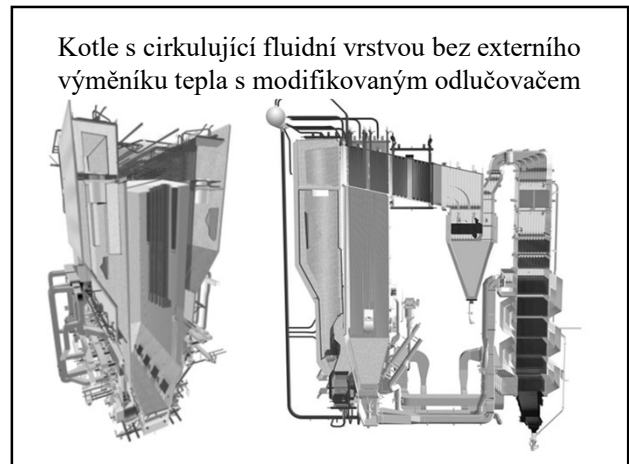
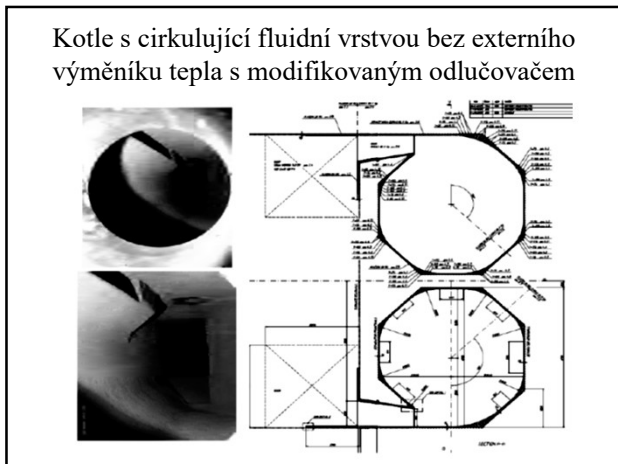
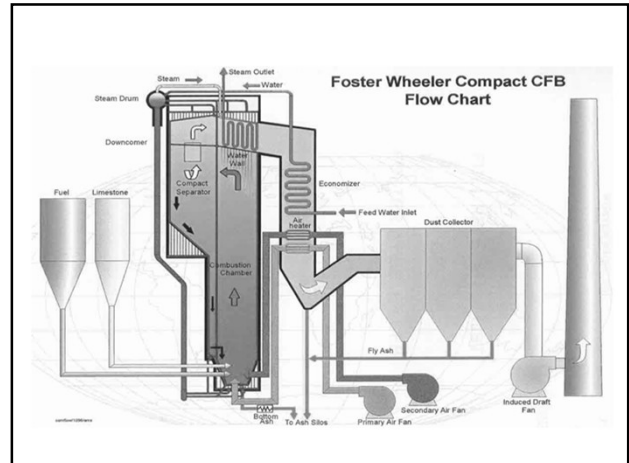
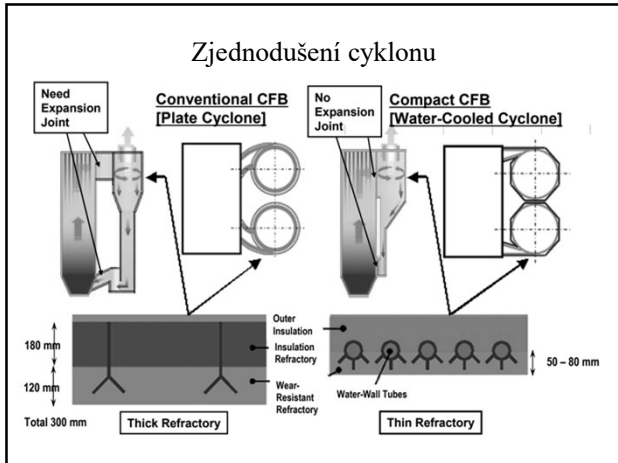
Odlučovací cyklon



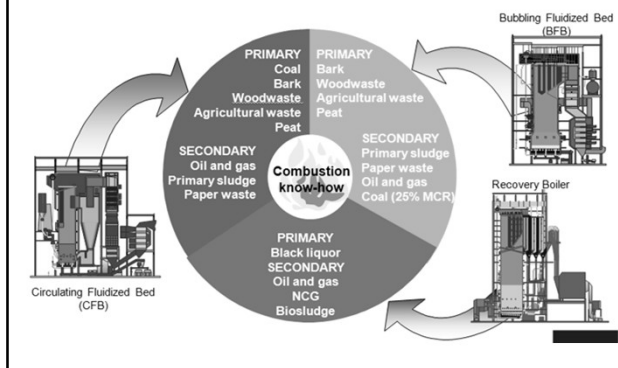
Kotle s cirkulující fluidní vrstvou bez externího výměníku tepla s modifikovaným odlučovačem

- dodává firma Sumitomo (Foster Wheeler) pod obchodním názvem Compact
- odlučovací prostor je vytvořen v jednom tělese se spalovací komorou, od níž je oddělen mezistěnou
- odpad těžká vyzdívka odlučovacích cyklonů a popelových svodků
- množství odloučeného materiálu bude nižší



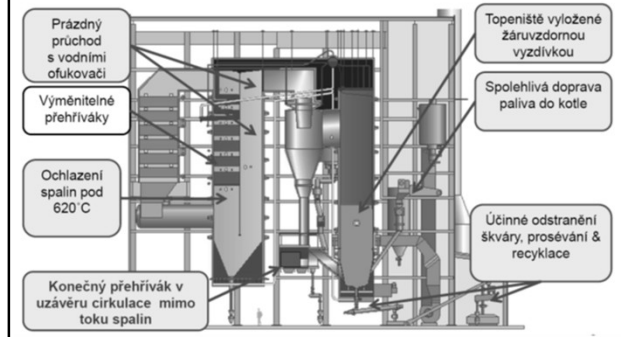


Doporučené typy kotlů pro různá paliva



CFB kotel na spalování TAP

TAP může obsahovat vyšší obsah chloru a alkálií (KCl) – riziko chlorové koroze a zanášení přehříváků – vyžaduje specifické řešení



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

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 nejkompexnější avšak velmi složité