

Předběžný návrh koncepce kotle a přípravy paliva

- Podle zadaných parametrů se volí typ parního generátoru (výparníku)
 - s přirozeným oběhem,
 - nucenou nebo superponovanou cirkulací
 - průtočný.
- Zvolí se uspořádání kotle a sestaví se tepelné schéma, které určuje
 - posloupnost řazení výhřevných ploch
 - umístění výhřevných ploch po délce traktu spalin
 - rozdělení tepla na jednotlivé plochy
 - volbu teploty ohřátí vzduchu
- Volba schématu závisí na mnoha faktorech :
 - na druhu a vlastnostech paliva
 - na parametrech páry
 - na typu kotle
 - na způsobu regulace teploty páry a dalších

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

1

Vliv paliva na konstrukční provedení kotle

Typ spalovacího zařízení je určen

- zadáním druhu a vlastností paliva
- výkonem kotelní jednotky.

Při spalování pevných paliv přicházejí v úvahu tři technologie spalování :

- roštové – ve vrstvě
- práškové, jinak též prostorové – palivo vyhořívá v letu
- fluidní – ve vznosu

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

2

Vliv paliva na volbu spalovacího zařízení

- Na malé výkony $M_{pp} \leq 12$ t/h se používají kotle roštové nebo se stacionární fluidní vrstvou.
- U středních výkonů $M_{pp} = 12 \div 75$ t/h jsou možné všechny způsoby spalování, přičemž rozhodující jsou vlastnosti paliva.
- Pro výkony nad $M_{pp} = 150$ t/h lze použít kotle s cirkulující fluidní vrstvou nebo práškové

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

3

Vliv paliva na řešení palivového hospodářství

Zvolený druh paliva předurčuje i koncepci vnitřního palivového hospodářství zdroje.

- při spalování plynu poměrně jednoznačná (redukční či pojistné a uzavírací armatury).
- při spalování kapalných paliv se volí způsob ohřívání a regulace teploty paliva za účelem snížení viskozity pro atomizaci v hořáku, pokud je třeba (u mazuť až 140 °C).

Při spalování tuhých paliv závisí koncepce palivového hospodářství na způsobu jeho spalování. Palivové hospodářství musí zabezpečovat nejen přísun paliva do kotle, ale i vhodný způsob jeho přípravy pro spalování.

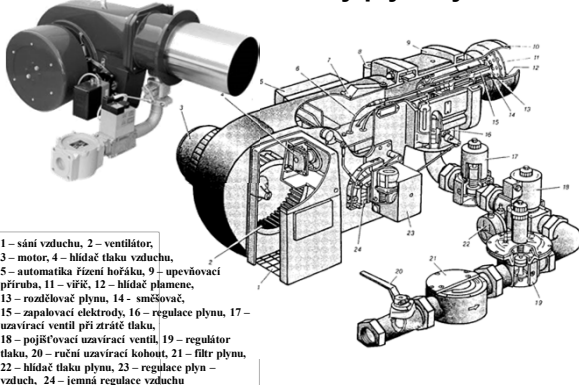
- Při spalování na roštu stačí přípravu paliva provádět tříděním, výjimečně pedsoušením,
- U fluidního způsobu spalování je zapotřebí dodržet požadovanou granulometrii paliva. K tomu obvykle postačí zařadit homogenizační drtič.
- Při spalování paliva ve formě prášku je nutné palivo před spalováním rozemlít a usušit – zvolit vhodný typ mlecího okruhu (přímé foukání nebo pomocný zásobník) a způsob a stupeň sušení paliva.

4.10.2019

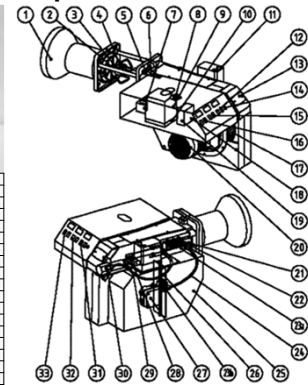
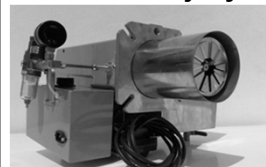
Stavba kotlů - přednáška č. 3

4

Plynová řada a přetlakový plynový hořák



Olejevý hořák pro TOEL



| | |
|-----------------------------|---|
| 1. Kónická hlava hořáku | 19. Tepelná pojistka |
| 2. Vířník | 20. Elektromotor |
| 3. Tryska | 21. Olejový ventil |
| 4. Držák trysky | 22. Zátkovka příruby |
| 5. Zapalovací elektrody | 23a. Blok olejových ventilů |
| 6. Zapalovací kabel | 23b. Bezpečnostní olej. ventil |
| 7. Zapalovací transformátor | 24. Spojovací trubka, spojení čerpadlo - tryška |
| 8. Fotoodpor | 25. Programátor |
| 9. Programátor | 26. Klapka vzduchu |
| 10. Opeřná deska automatiky | 27. Čerpadlo |
| 11. Motorok vzduch. klapky | 28. Seřizovací prvek trysek |
| 12. Kontrolka 3. stupně | 29. Spojovací trubka, nastavovací zařízení |
| 13. Kryt a průhledítko | 30. Nastavovací zařízení |
| 14. Pojistka | 31. Seřizovací prvek trysek |
| 15. Kontrolka 2. stupně | 32. Spinač II-III |
| 16. Kontrolka 1. stupně | 33. Spinač I-III |
| 17. Ventilátorové kolo | 33. Spinač I-III |
| 18. Styhač | |

Homogenizační drtiče uhlí

čelistový

válcový

kladivový

4.10.2019 7

Mlýny na uhlí pro práškové kotle

ventilátorový

kladkový

4.10.2019 Stavba kotlů - přednáška č. 3 8

Vliv výhřevnosti

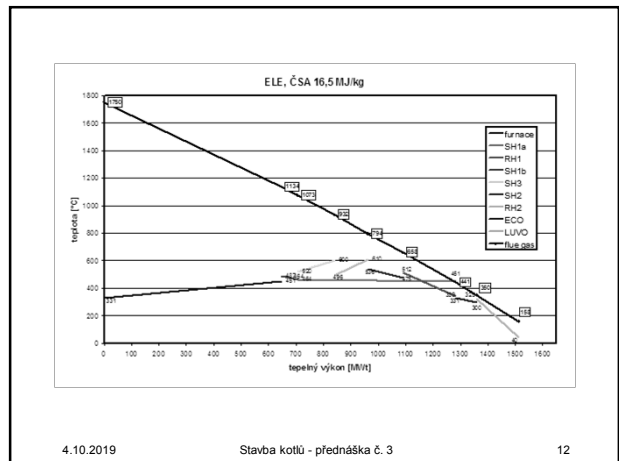
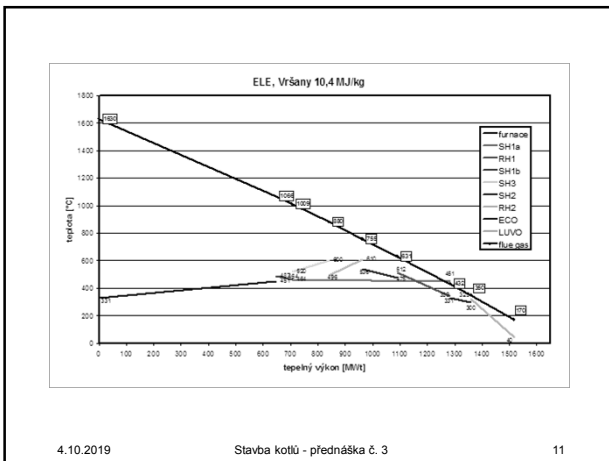
- Výhřevnost je jedním ze základních palivových jakostních znaků
- Často se používá pro hodnocení vlivu paliva na určitý technologický proces.
 - způsobu spalování
 - volbě typu ohniště.
- Rozhoduje

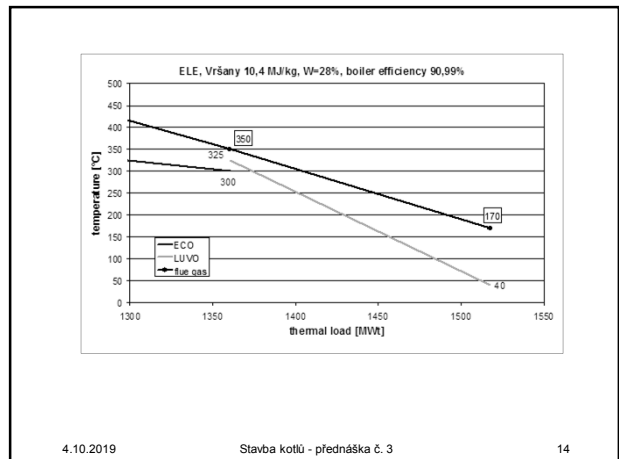
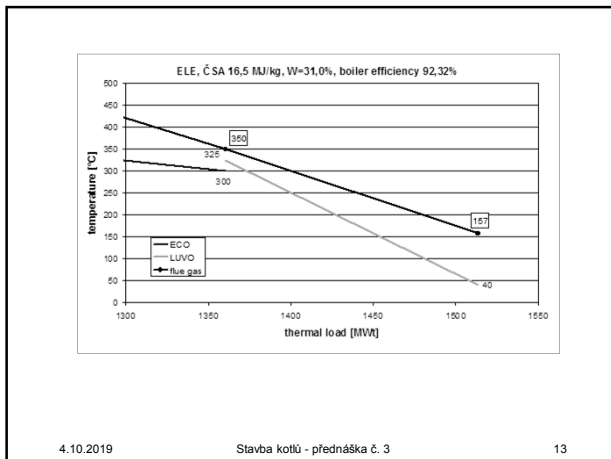
4.10.2019 Stavba kotlů - přednáška č. 3 9

Vliv výhřevnosti

- Výhřevnost paliva má bezprostřední vliv na dimenzování mlýnice, skladování a dopravy paliva,
- Výhřevnost paliva souvisí s obsahem popela a vody v palivu (tedy s obsahem balastu).
- Výhřevnost paliva ovlivňuje provedení tzv. partií za kotlem – EOP a spalínového ventilátoru.
- S výhřevností paliva souvisí i koncepce kotle z hlediska počtu a uspořádání tahů kotle.
- S výhřevností paliva souvisí i návrh tvaru a velikosti ohniště.
 - s klesající výhřevností paliva se snižuje doporučené objemové zatížení ohniště [kW/m³], což vede ke zvětšení měrného obestavěného prostoru [m³/kW].
 - snižuje se i měrné průřezové zatížení ohniště [kW/m²] a zvětšuje se tak potřebný průřez ohniště a tedy i zastavěná plocha.
- Výhřevnost určuje teplotní poměry v SK (teplotu nechlazeného plamene). S jejím poklesem souvisí zmenšení teplotních spádů v kotli.
- U nadkritických bloků s vysokou teplotou napájecí vody pak může být výhřevnost paliva limitující pro stupeň dochlazení spalín a tedy pro dosažitelnou účinnost.

4.10.2019 Stavba kotlů - přednáška č. 3 10





Obsah vody

Obsah vody v palivu patří k základním jakostním znakům paliva a zjišťuje se laboratorním rozbohem vzorku paliva.
 Voda je v palivu vázána různým způsobem :

- Přimíšená voda - se dá z paliva odstranit mechanicky (odstředěním nebo odkapáním) a nepovažuje se za část původního paliva - nezapočítává se do vzorku.
- Voda hrubá - se stanoví jako úbytek hmotnosti vzorku při jeho sušení na vzduchu při teplotě místnosti a relativní vlhkosti vzduchu asi 50%.
- Voda zbytková - je kapilárně vázaná voda, která zůstane ve vzorku po odstranění vody hrubé. Stanoví se z úbytku hmotnosti laboratorního vzorku (vzorek zbavený hrubé vody, se zrněním pod 3 mm) jeho sušením ve vzdušné sušárně při teplotě 105°C až 110°C.
- Voda veškerá - takto se označuje součet vody hrubé a vody zbytkové. Způsoby stanovení obsahu vody jsou předepsány ČSN 44 13 77.
- Voda okludovaná - je malé množství vody vázané na hořlavinu paliva; při rozboru se zahrnuje do obsahu prchavé hořlaviny.
- Voda hydrátová - je krystalová voda minerálů a započítává se do obsahu popeloviny.

4.10.2019 Stavba kotlů - přednáška č. 3 15

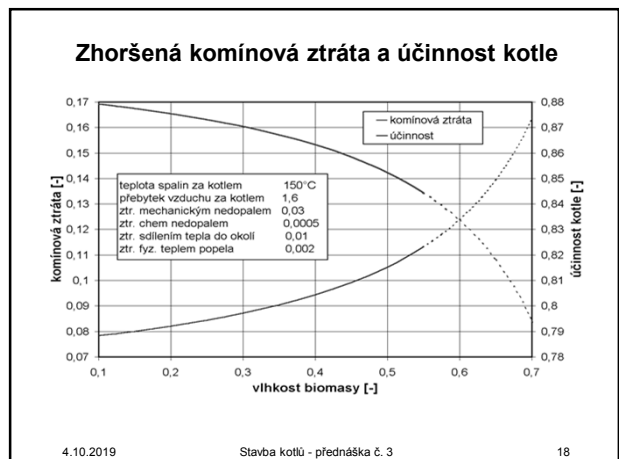
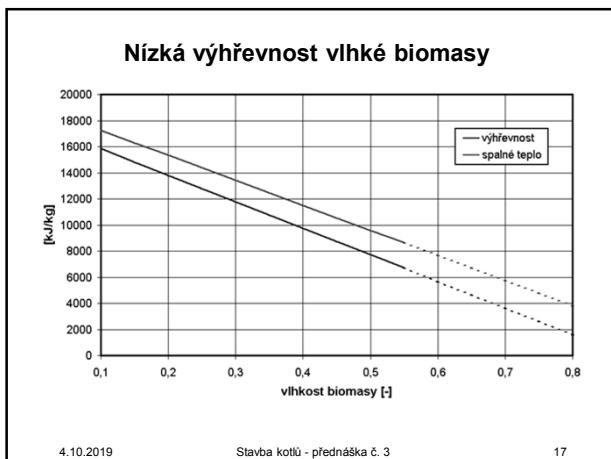
Obsah vody

Vyšší obsah vody v palivu má následující důsledky (kromě uhlí se týká především biomasy) :

- větší množství spalin – musí se zvětšit průřez konvekčního tahu a spalinových kanálů, zvětší se tedy kotel a zastavěná plocha.
- vyšší velikost tzv. vodního ekvivalentu spalin (jinak též tepelné kapacity spalin) – při použití jednostupňového ohříváku vzduchu se dosáhne menší ohřátí vzduchu.

- snižuje se účinnost kotle, protože se zvětšuje kominová ztráta kotle v důsledku většího množství spalin.

4.10.2019 Stavba kotlů - přednáška č. 3 16



Zohlednění obsahu vody v palivu na zařízení pro přípravu paliva a druhu sušícího média

Obsah vody v palivu má vliv na rozhodování o systému zařízení na přípravu paliva a o druhu sušícího média.

- U ohniště s přímým foukáním uhlénohého prášku přímo ovlivňuje volbu použitého typu mlýna.
 - Při sušení vzduchem (např. kroužkový, případně kladkový mlýn, nebo tlukadlový mlýn) se pro větší obsah vody v palivu musí zvýšit teplota vzduchu, což vede ke konstrukci dvoustupňového ohříváku vzduchu i ohříváku vody.
 - Při vysokém obsahu vody v palivu pro sušení nestačí horký vzduch, ale musí se použít horké spaliny
 - nasávají se na konci ohniště.
 - sušení v sestupné sušce.
- Teplota ohřátí vzduchu se obvykle volí v závislosti na druhu paliva, typu mlýnice a technologii spalování.

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

19

Orientační hodnoty teploty ohřátí spalovacího vzduchu

| Typ ohniště | Druh paliva | Teplota vzduchu [°C] |
|---|---|----------------------|
| Granulační ohniště při uzavřeném mlecím okruhu a sušera vzduchem | Černé uhlí a uhlí s malým obsahem přečavé hořlaviny | 300 – 350 |
| | Hnědé uhlí, rašelina | 350 – 400 |
| | Břidlice | 250 – 300 |
| Výstavňá ohniště při uzavřeném mlecím okruhu a sušera vzduchem | Černé uhlí a uhlí s malým obsahem přečavé hořlaviny | 350 – 400 |
| | Hnědé uhlí | 300 – 320 |
| Granulační ohniště při uzavřeném mlecím okruhu při sušení spalínami nebo směsí spalín a vzduchu | Hnědé uhlí a lignity | 300 – 350* |
| Výstavňá ohniště při uzavřeném mlecím okruhu při sušení spalínami nebo směsí spalín a vzduchu | Hnědé uhlí | 350 – 400* |
| | Granulační ohniště při otevřeném mlecím okruhu při sušení spalínami | Všechna paliva |
| Výstavňá ohniště při otevřeném mlecím okruhu při sušení spalínami | Všechna paliva | 350 – 400* |
| Roštové ohniště s pásovým roštem | Hnědé uhlí | 200 – 250** |
| | Černé uhlí | 150 – 200*** |
| Oljeová a plynová ohniště | Těžký topný olej, zemní plyn, vysokopeceční plyn | 250 – 300 |
| Fluidní ohniště s cirkulující fluidní vrstvou | Všechna paliva | (cca 120 – 200)*** |

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

20

- Vyšší hodnoty platí pro větší obsah vody v palivu
- Souvisí rovněž s teplotou napájecí vody
- U fluidních ohnišť nelze teplotu ohřátí vzduchu volit jen v závislosti na palivu. Musí se současně přihlížet k tepelné bilanci ohniště a především k požadované reálné dosažitelné hodnotě teploty spalín za kotlem. Při zvolené vysoké teplotě ohřevu spalovacího vzduchu
 - ohřívák vzduchu bude větší,
 - ohřívák vody vyjde menší.
 - musí se zvětšit i potřebný chladicí výkon teplosměnných ploch v ohništi
 - do spalovací komory se musí umístit šotové teplosměnné plochy zapojené buď jako výparník, nebo přehřívák. Tyto plochy jsou dražší a navíc pracují v extrémnějších podmínkách.
- V případě zvolené nízké teploty ohřátí spalovacího vzduchu bude ohřívák vzduchu menší, ale zvětší se ohřívák vody - aby se dosáhlo stejné vychlazení spalín za kotlem. Ohřívák vody pak pracuje v oblasti nevhodných teplot (malý teplotní spád) a jeho plocha je velká.

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

21

Optimální teplota horkého vzduchu

- Z konstrukčního hlediska je vhodnější jednostupňové uspořádání ohříváku vzduchu + sušení spalínami nebo

$$t_{OVZ} = t_{mv} + 40 + 0,7 \cdot (t_k - 120) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- Takto určenou teplotu je třeba zkontrolovat, zda vyhovuje podmínce sušení paliva při maximální vlhkosti paliva.

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

22

Zohlednění obsahu vody v palivu na koncovou teplotu spalín

| Palivo | Teplota spalín na výstupu z kotle podle druhu ohniště a paliva [°C] | | | |
|--|---|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | Prákové ohniště | Fluidní ohniště CFBC | Roštové ohniště *1 do 3,3 kg/s | Roštové ohniště *1 nad 3,3 kg/s |
| Černé nebo hnědé uhlí s obsahem vody W' do 30% | 130 – 140 | 130 – 135 | 170 – 180 | 150 – 160 |
| Hnědé uhlí s obsahem vody W' nad 30% | 150 – 160 | 130 – 140 | 190 – 200 | 170 – 180 |

* 1 Dnes se především u kotlů větších výkonů používají nižší hodnoty teploty spalín za kotlem, např. 140 – 150°C. Při napájení kotle odplyněnou vodou 105°C se v případě potřeby provede předehřev napájecí vody v parním bubnu kotle.

| Poměrný obsah vody v palivu v původním stavu $w' = \frac{W'}{Q}$ | Teplota spalín na výstupu z kotle podle obsahu vody v palivu a teploty napájecí vody [°C]*2 | | |
|--|---|-----------|-----------|
| | 150 | 215 – 245 | 250 – 265 |
| $w' < 0,7$ (suché uhlí) | 110 – 120 | 120 – 130 | 130 – 140 |
| $w' = 0,7 - 4,8$ (mokré uhlí) | 120 – 130 | 140 – 150 | 150 – 160 |
| $w' > 4,8$ (velmi mokré uhlí) | 130 – 140 | 160 – 170 | 170 – 180 |

* 2 Hodnoty platí pro přímé foukání nebo uzavřený mlecí okruh. Při otevřeném mlecím okruhu se poměrný obsah vody w' počítá z obsahu vody W' ve vysušeném prášku.

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

23

Teplota rosného bodu spalín

| Palivo | Redukovaný obsah siry S_r [kg/MJ] | Rosný bod t_r [°C] |
|-------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Mazut | 0,065 | 120 |
| Antracitické uhlí | 0,086 | 107 |
| Chudé T-uhlí | 0,090 | 125 |
| Rašelina | 0,067 | 64 |

$$t_r = t_k + \frac{\beta \cdot \sqrt[3]{S_r}}{1,2266 X_a \cdot A_r} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

kde t_k [°C] je teplota sytosti vodní páry při parciální tlaku vodní páry ve spalínách, X_a [-] je poměrný obsah popela,

β [-] se volí $\beta = 195$ pro přebytek vzduchu za ohništěm $\alpha_{20} = 1,20$ a $\beta = 208$ pro $\alpha_{20} = 1,4$ až 1,5.

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

24

Teplota stěny OVZ

$$t_{st} = \frac{\alpha_S \cdot t_S + \alpha_V \cdot t_V}{\alpha_S + \alpha_V} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- opatření pro omezení účinku nízkoteplotní koroze studeného konce OVZ :
 - pokryvání povrchů výhřevných ploch ohříváků vzduchu kyselinovzdornými emaily
 - přehřev vzduchu
 - recirkulací horkého vzduchu
 - cizím zdrojem (obvykle odběrovou parou z turbíny)
 - na teplotu 60 + 90 °C u trubkových ohříváků
 - na 45 + 70 °C u regenerativních ohříváků typu Ljungstroem.

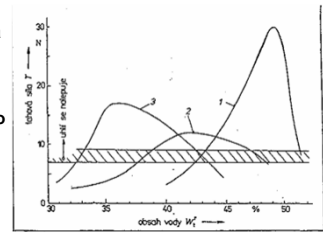
4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

25

Obsah vody

- Obsah vody v palivu má rovněž vliv na provedení tzv. partie za kotlem
 - rozměry odlučovače popílku i kanálů
 - dimenzování spalinového ventilátoru
- S obsahem vody v palivu úzce souvisí i sypaný uhel a lepivost paliva.



4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

26

Obsah popela

- patří k základním jakostním znakům paliva
- zjišťuje se laboratorním rozбором vzorku paliva.

Rozlišuje se:

- obsah popela (A)
- obsah popelovin (M) - tj. s minerální částí surového paliva.

Při přeměně popelovin (M) na analytický popel (A), tj. při spalování probíhají reakce, jejichž důsledkem je i změna hmotnosti.

Obsah popelovin (M) se ze zjištěného obsahu popela (A) stanoví přepočtem pomocí popelového faktoru f

$$M = f \cdot A \quad [\text{kg/kg}]$$

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

27

Popelovina

- pochází
 - z anorganických složek vegetace,
 - z minerálů vniklých do usazenin (po jejich vytvoření)
 - vnější popeloviny - určité množství hlušin z nadoží i podloží, které se do uhlí dostanou při těžbě uhlí, čemuž nelze prakticky zabránit.
- Rozhodující vliv na složení a jakost popelovin mají popeloviny epigenetické (sekundární) a popeloviny vnější.
- Číselná hodnota popelového faktoru f je pro česká uhlí
 - f > 1,1,
 - blíže k hodnotě 1,1 leží hodnoty pro černá uhlí,
 - blíže k 1,2 hodnoty pro hnědá uhlí.
 - jiní autoři uvádí rozmezí f = 1,03 až 1,1.
- Mineralogické složení popelovin je velmi různorodé, některé nejdůležitější minerály obsažené v uhlí jsou uvedeny v tabulce.

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

28

Popelovina

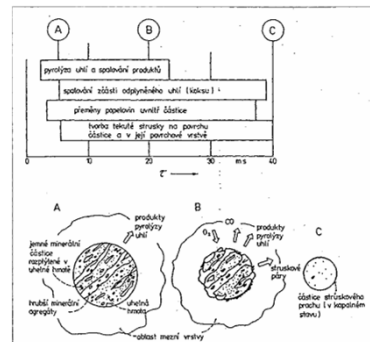
| Skupina | Minerál | Chemické složení | Přibližná teplota [°C] | |
|---------------------------------|--|---|------------------------|------|
| | | | rozkladu | tání |
| Jílové minerály | kaolinit | Al ₂ O ₃ * 2 SiO ₂ * 2 H ₂ O | - | 1800 |
| | halloysit | Al ₂ O ₃ * 2 SiO ₂ * 4 H ₂ O | - | - |
| | Uhlr | K ₂ O * 2 Al ₂ O ₃ * 6 SiO ₂ * 2 H ₂ O | - | 1400 |
| | montmorillonit | (Na, Ca) (Mg, Al) ((OH), Si ₄ O ₁₀) * 11 H ₂ O | - | - |
| Karbonáty | kalzit | CaCO ₃ | 850 | - |
| | solomit | (Ca, Mg)(CO ₃) ₂ | 750 | - |
| Sulfidy | siderit | FeCO ₃ | 500 | - |
| | pyrit, markazit | FeS ₂ | 265-490 | - |
| Sulfáty | pyrrhotin | Fe ₇ S ₈ * Fe ₂ S ₁₁ | 700 | - |
| | siderocit | CaSO ₄ * 2 H ₂ O | - | 1450 |
| | | Na ₂ SO ₄ | - | - |
| | | Na ₂ SO ₃ | - | - |
| Oxidy | železná ruda | Fe ₂ O ₃ * H ₂ O | - | - |
| | hematit | Fe ₂ O ₃ | - | 1450 |
| | magnetit | Fe ₃ O ₄ | - | 1540 |
| | diaspor | Al ₂ O ₃ * H ₂ O | - | 1750 |
| Halogenidy | cyanit | Al ₂ O ₃ * SiO ₂ | - | 1750 |
| | halit | NaCl | - | 800 |
| Tíse aluminosilikátové minerály | kyrit | KCl | - | 770 |
| | pyrit | K, Al, Si ₂ O ₇ | - | 1450 |
| | bielit | K, Na, Fe, (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) | - | 1650 |
| apatit | 9CaO * 3P ₂ O ₅ * CaF ₂ | - | - | |

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

29

Model vzniku struskové částice



4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

30

Termoplastické vlastnosti popela

Pro experimentální zjišťování termoplastických vlastností popela v podmínkách více či méně simulujících poměry v ohništi kotle byla vyvinuta řada metod pro laboratorní stanovení tzv. charakteristických teplot popela:

- t_A - bod měknutí;
- t_B - bod tání;
- t_C - bod tečení.
- Někdy se určuje ještě teplota sintrace – spékání.

Dnes se používají dvě základní skupiny metod pro laboratorní určení charakteristických teplot popela:

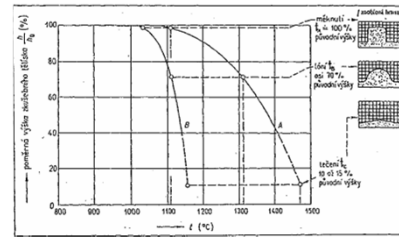
- do první skupiny (a) patří metody založené na sledování deformace volného (nezatíženého) zkušebního popelového tělíska pomocí žárového mikroskopu. Deformace se fotograficky zaznamenává. Sem patří i u nás používaná metoda, která je popsána v normě.
- do druhé skupiny (b) patří metody založené na grafickém záznamu změny výšky zkušebního tělíska zatíženého svisle působící silou. (Metoda, kterou do praxe zavedli Bunte a Baum).

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

31

Charakteristické teploty popela



Vzorek (A) je příklad tzv. dlouhého popela, s velkým intervalem mezi teplotami t_A , t_B . V oblasti těchto teplot popel ještě není plně roztaven, neteče, ale nalepuje se na stěny spalovací komory.

Vzorek (B) představuje tzv. krátký popel, který velice rychle přechází plastickou oblastí ($t_A - t_B$) do taveniny o nízké viskozitě, takže na stěně spalovací komory se vytvoří poměrně tenká vrstva stékající strusky.

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

32

Zohlednění obsahu popela při rozhodování o koncepci kotle a jeho základním návrhu

Množstvím popela v palivu a jeho složení a vlastnosti má vliv na

- činnost kotle
- koncepci a dimenzování mlýnice, zařízení pro skladování a dopravu paliva (tzv. vnitřní zauhlování).
- návrh systému odvodu strusky (popela) ze spalovací komory.

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

33

Vliv složení uhlí na výslednou účinnost bloku

!!! různý obsah vody a popela !!!



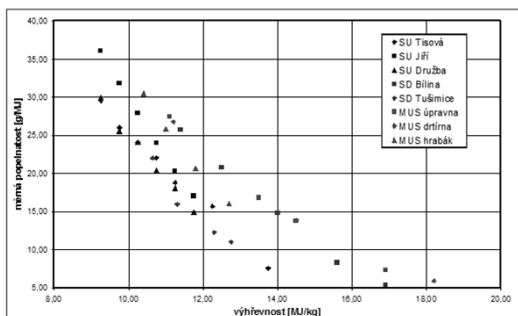
účinnost kotle
vlastní spotřeba

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

34

Popelnatost severočeského hnědého uhlí v závislosti na výhřevnosti

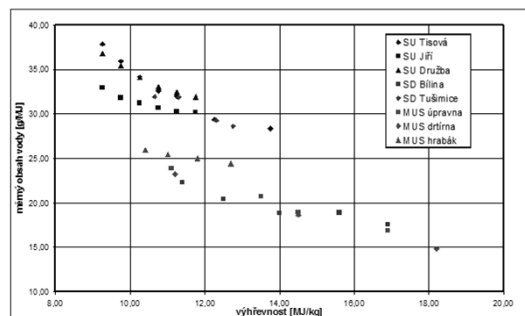


4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

35

Obsah vody severočeského hnědého uhlí v závislosti na výhřevnosti

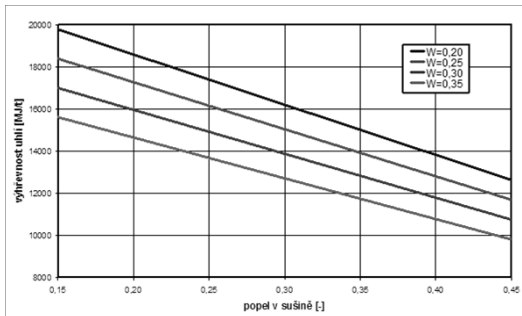


4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

36

Závislost výhřevnosti hnědého uhlí na obsahu vody a popela



4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

37

Vliv složení uhlí na účinnost kotle

respektován výpočtem změny velikosti

- ztráty citelným teplem spalin (ztráty komínové)
- ztráty mechanickým nedopalem
- ztráty fyzickým teplem tuhých zbytků

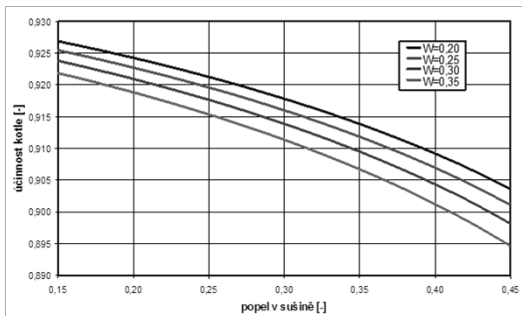
| parametr | °C | HU | ČU |
|------------------------------------|-----|--------|--------|
| teplota spalin za kotlem | 135 | 125 | |
| přebytek vzduchu za kotlem | - | 1,3 | 1,3 |
| ztráta chemickým nedopalem | - | 0,0002 | 0,0002 |
| ztráta sdílením tepla do okolí | - | 0,005 | 0,005 |
| podíl spalitelných látek ve škváře | - | 0,1 | 0,1 |
| podíl spalitelných látek v úletu | - | 0,01 | 0,01 |

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

38

Závislost účinnosti kotle na obsahu vody a popela v HU



4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

39

Účinnost bloku uhelné parní elektrárny

$$\eta_{netto} = \eta_k \eta_p \eta_o \eta_m \eta_g \eta_{tr} \eta_{vs}$$

- kde
- η_k je účinnost kotle
 - η_p účinnost parovodů
 - η_o účinnost reálného tepelného oběhu
 - η_m mechanická účinnost turbíny
 - η_g účinnost generátoru
 - η_{tr} účinnost transformace
 - η_{vs} respektování vlastní spotřeby

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

40

Vliv složení uhlí na vlastní spotřebu kotle

respektován výpočtem změny spotřeby elektřiny

- na dopravu paliva do kotleny
- na mletí uhlí
- na příkon vzduchového a spalinového ventilátoru
- na odlučovány popílku

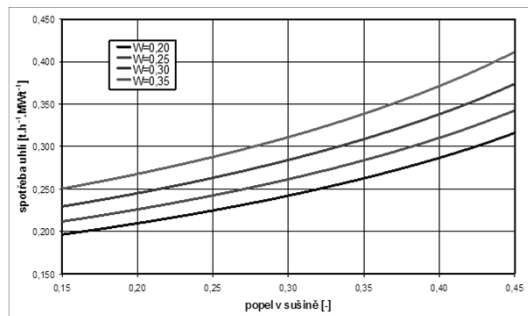
| parametr | | HU | ČU |
|--|-------|------|------|
| průměrná mlecí práce | kWh/t | 12,2 | 16,7 |
| pracovní přetlak vzduchového ventilátoru | kPa | 3 | 3 |
| pracovní přetlak kouřového ventilátoru | kPa | 3,5 | 3,5 |
| účinnost ventilátorů | - | 0,7 | 0,7 |

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

41

Závislost spotřeby HU na obsahu vody a popela

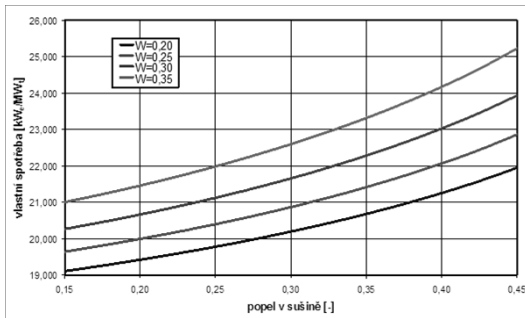


4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

42

Závislost vlastní spotřeby kotle na obsahu vody a popela v HU



4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

43

Vliv popela na dimenzování MO a trasy TZ

| | úhleté množství re zpět | MJ/kg | 10,5 | 10,8 | 11,0 | 12,5 | 13 |
|------------------------|----------------------------|-------|---------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | spotřeba uhlí | t/h | 487,66 | 473,23 | 464,08 |
| změna spotřeby uhlí | 0, 1, 2, | t/h | 96,09 | 81,66 | 72,51 | 0,00 | 0,00 |
| | | % | 24,54 | 20,85 | 18,52 | 0,00 | 0,00 |
| | 3 | % | | | 13,49 | 0,00 | |
| Produkce TZ | | | | | | | |
| obsah popela v uhlí | | | 0,3542 | 0,3427 | 0,3350 | 0,2383 | 0,2232 |
| produkce škváry | | | 17,27 | 16,22 | 15,54 | 9,74 | 8,74 |
| změna produkce škváry | 0, 1, 2, | t/h | 8,53 | 7,48 | 6,80 | 0,00 | 0,00 |
| | | % | 97,63 | 85,53 | 77,86 | 0,00 | 0,00 |
| | 3 | % | | | 5,80 | 0,00 | |
| produkce popílku | | | 146,82 | 137,83 | 132,13 | 82,83 | 74,29 |
| změna produkce popílku | 0, 1, 2, | t/h | 72,53 | 63,54 | 57,84 | 0,00 | 0,00 |
| | | % | 97,63 | 85,53 | 77,86 | 0,00 | 0,00 |
| | 3 | % | | | 49,30 | 0,00 | |
| | | | | | 59,51 | 0,00 | |

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

44

Popelová bilance

| | Odhazště | Uhlí | Zrnná [mm] | Podíl zrn pod 2 mm | Podíl popela [·] ¹⁰⁰ | |
|---|---|-------|---------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------|
| | | | | | ve škváře X ₂ | v úletu X ₃ |
| Rohňové | s pásovým roštěm | hnědé | 0 + 30 | 0,25 | 0,74 | 0,06 |
| | | černé | 0 + 25 | 0,20 | 0,77 | 0,05 |
| | s přesuvným roštěm | hnědé | 0 + 30 | 0,3 + 0,4 | 0,62 | 0 + 0,06** |
| | | černé | 0 + 25 | 0,4 | 0,66 | 0 + 0,06** |
| | s vstavným roštěm | hnědé | 0 + 30 | 0,3 + 0,4 | 0,60 | 0,03 |
| | | černé | 0 + 30 | 0,40 | 0,68 | - |
| Gruntážní | s polzarováním trubnatý a středoběžný mlýn | | | 0,08 | - | |
| | | | | | | 0,87 |
| | s ventilátorovými mlýny dvoutahová komora | | | 0,15 | - | |
| | | | | 0,20 | - | |
| Fluidní | osada | | | 0,10 | - | |
| | | | | | | 0,85 |
| | jednosťatorové | | 0,40 + 0,35 | - | 0,50 + 0,35 | |
| | | | 0,50 + 0,40 | - | 0,40 + 0,50 | |
| | dvousťatorové | | 0,80 + 0,75 | - | 0,10 + 0,15 | |
| | | | 0,75 + 0,70 | - | 0,15 + 0,20 | |
| | cyklonové s vestavbou vertikální cyklonové bez vestavby | | | | 0,60 + 0,50 | 0,05 |
| | | | | | 0,30 + 0,40 | |
| s stacionární vrstvou s cirkulující vrstvou | | | | 0,30 + 0,60 | - | |
| | | | | | 0,45 + 0,70 | |

4.10.2019

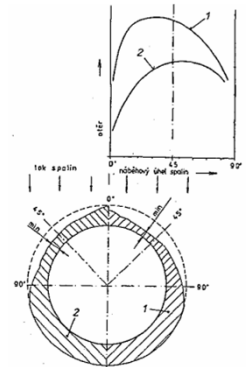
Stavba kotlů - přednáška č. 3

45

uspořádání druhého tahu kotle

tuhé částice unášené spalinami způsobují mechanický otěr, který při současném působení koroze ze strany spalin vede k úbytku materiálu stěny teplosměnných ploch kotle.
Při tom hovoříme o

- abrazi - relativně rovnoměrný, nepříliš hluboký a plošný otěr,
- erozi - místní (nerovnoměrné) opotřebení materiálu do značné hloubky



4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

46

Ochrana trubek EKA před abrazí



4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

47

- tvorba popílkových nánosů (uplatňuje se i vliv chemického složení popela)
- provedení tzv. partií za kotle
- sdílení tepla v ohništi kotle - s chemickým složením, fyzikálními a chemickými vlastnostmi, jakož i s termoplastickými vlastnostmi popela souvisí zejména
 - volba typu ohniště pro spalování uhlého prášku.
 - tvorba struskových nánosů - podle způsobu vzniku mohou být nánosy dvojího druhu:
 - popílkové - na konvekčních plochách
 - struskové - což jsou pevně lpící usazeniny na stěnách ohniště a teplosměnných plochách (některé přehřívačky) vzniklé změknutím nebo částečným roztavením popelovin při vysokých teplotách.
- Podle struktury a způsobu vzniku rozlišujeme dva základní typy struskových nánosů
 - Slitné nánosy, které se tvoří
 - přímo - zachycováním prachových částic v kapalném nebo plastickém stavu a jejich slepováním povrchovou glazurou při nárazu na stěnu
 - jednak nepřímo, z nánosů původně jen stmelného, jehož vnější vrstva se slíne po zvýšení povrchové teploty nánosů nad teplotu měknutí, připravení částic.
 - Stmelené nánosy - jsou typické zejména pro přehřívačky a jsou to tvrdé nánosy s vrstevnatou strukturou

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

48

Struskový nános na deskovém přehříváku

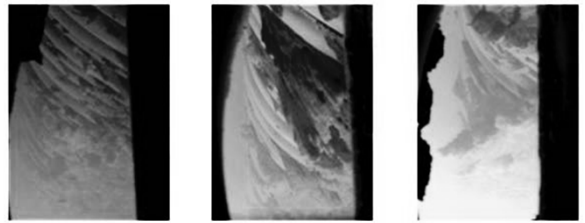


4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

49

Postupný růst nánosů na nosu ohniště

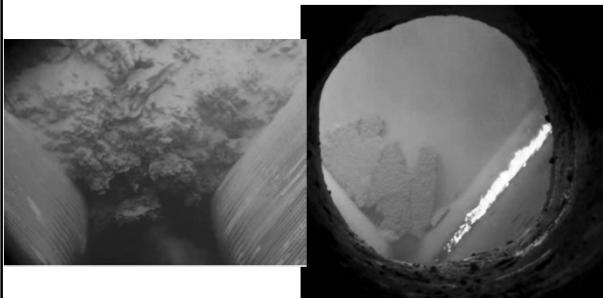


4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

50

Zával ve výsypce granulačního ohniště



4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

51

Zatruskovaný práškový hořák



4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

52

Zanesený výstupní přehřívák

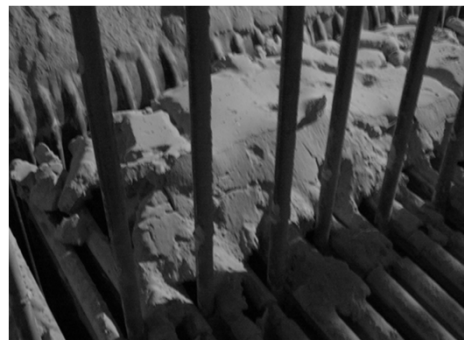


4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

53

Popílkový nános v obratu nad 2. tahem



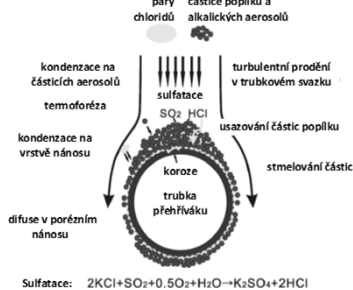
4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

54

Vliv spalování biomasy na zanášení kotle

- rostlinná biomasa obsahuje vysoký podíl nízkotavitelných alkalických sloučenin – typicky KCl, NaCl
- při spalování se odpaří a kondenzují na výhřevných plochách při 800 až 650 °C
- uplatňují se 4 základní mechanismy tvorby nánosů:
 - mechanické usazování částic v důsledku jejich vzájemného zaklíňování
 - kondenzace odpařených anorganických látek
 - termoforéza – pohyb částic aerosolu ve směru teplotního gradientu
 - chemické reakce



55

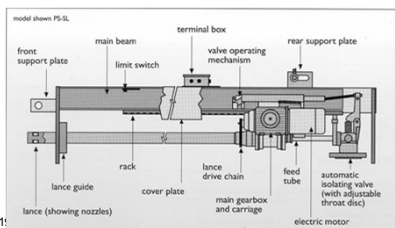
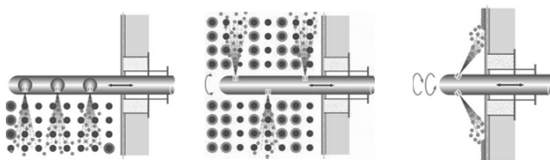
Vliv spalování biomasy na zanášení kotle

- intenzivní zanášení výhřevných ploch je pozorováno při spalování slámy a travin
- nánosy rostou poměrně rychle ve směru proti proudění spalin
- zpočátku jsou syneké a při odpařování ofukování
- časem může dojít k jejich stmelování



56

Ofukovače



4.10.2011

57

Teuneův index (K_T)

sklonu paliva k tvoření struskových nánosů

$$K_T = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{Fe_2O_3 + CaO + MgO}$$

| Charakteristika | K_T [-] | Teplota tečení t_C [°C] |
|-------------------|------------|---------------------------|
| lehce tavitelné | < 2,4 | < 1 150 |
| středně tavitelné | 2,4 až 4,5 | 1 150 až 1 400 |
| těžce tavitelné | >4,5 | > 1400 |

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

58

Index Babcock Wilcock

● pro tvorbu struskových nánosů

$$R_S = \frac{B}{A} \cdot S^d$$

kyselé oxidy

$$A = SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2$$

● pro tvorbu popílkových nánosů

$$R_P = \frac{B}{A} \cdot Na_2O$$

zásadité oxidy

$$B = Fe_2O_3 + CaO + MgO + Na_2O + K_2O$$

● kde S_d je síra v sušině v hmotnostních [%]

| Náchylnost popela k tvorbě nánosů | Struskových (v ohništi) R_S | Popílkových (konvekční tah) R_P |
|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| slabá | <0,6 | <0,2 |
| střední | 0,6 až 2,0 | 0,2 až 0,5 |
| velká | 2,0 až 2,6 | 0,5 až 1,0 |
| velmi velká | >2,6 | >1,0 |

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

59

Zohlednění obsahu popela při rozhodování o koncepci kotle a jeho základním návrhu

- *korozivní teplosměnných ploch na straně spalin*
- *stabilita hoření v ohništi práškového kotle*

4.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 3

60