

## 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

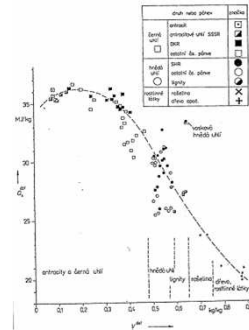
13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

1

## Vliv obsahu prchavé hořlaviny $V_{daf}$

- Prchavá hořlavina se stanoví z úbytku hmotnosti analytického vzorku paliva po jeho žihání v uzavřeném kelímku.
- Zbývající část hořlaviny (organické hmoty) je v podstatě pouze tuhý uhlík (koks), jehož výhřevnost je přibližně 33,9 MJ/kg.
- Výhřevnost prchavé hořlaviny je značně proměnná a závisí na stupni prouhelnění paliva.



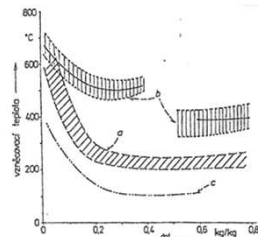
13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

2

## Vliv $V_{daf}$ na vzněcovací teplotu

- Množství a výhřevnost prchavé hořlaviny má rozhodující vliv na
  - vzněcovací (zápalnou) teplotu paliva
  - na jeho reaktivitu
- Tím je dána
  - rychlost jeho vzněcování
  - rychlost vyhořívání
- Vzněcovací teplota závisí
  - na velikosti částice,
  - na teplotě okolí,
  - na teplotním spádu mezi okolím a částicí
- Různí autoři uvádějí odlišné hodnoty



„a“ - drobnozrnné palivo se zkouší v horkém vzduchu  
 „b“ - práškové uhlí se zkouší při pádu v zahřáté svistě trubce  
 „c“ - přibližná hodnota vznícení usazeného prášku (viz tabulka)

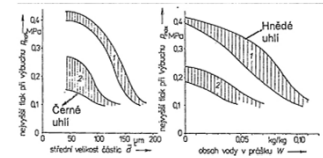
13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

3

## Vliv $V_{daf}$ na výbušnost prášku

- Jemně mleté palivo (uhelný prášek) v suspenzi se vzduchem tvoří výbušnou směs
- V ní se může rozšířit spalování velmi rychle od místa iniciace na celý objem výbušné směsi
- Iniciaci může vyvolat
  - vnější zdroj
  - zvýšení teploty usazené vrstvy prášku nad vzněcovací teplotu
- Průvodním jevem zapálení výbušné směsi v uzavřeném prostoru je
  - prudké zvýšení tlaku
  - tlaková vlna postupuje v prostoru vyplněném výbušnou směsí rychlostí řádově  $10^3$  m/s



13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

4

## Vliv $V_{daf}$ na výbušnost prášku

- Nejčastější příčiny výbuchů
  - pokračující přívodu prášku a vzduchu do ohniště kotle po zhasnutí plamene
  - ve mlýně při jeho oběhu
  - v práškovodech
- Důsledky výbuchů
  - deformace stěn daného prostoru
  - jejich destrukce
- Jako kritérium výbušnosti se zpravidla uvádí:
  - spodní (horní) mez výbušnosti
  - maximální tlak dosažený při výbuchu práškového mraku v uzavřeném prostoru
  - rychlost stoupenutí tlaku při výbuchu
  - optimální koncentrace směsi (při níž jsou nejprudší účinky)

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

5



13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

6



13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

7



13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

8

### Informativní hodnoty výbuchových parametrů

Druh paliva	Obsah prchavé hořlaviny v <sub>pr</sub> [%]	Teplota vznícení		Koncentrace [g/m <sup>3</sup> ]			Tlakové parametry		Poznámka	
		Usazený prášek t <sub>u</sub> [°C]	Rovněrný prášek t <sub>r</sub> [°C]	na mezi výbušnosti			m. tlak P <sub>max</sub> [MPa]	stř. rychlost šíření plam. P <sub>max</sub> /v <sub>max</sub> [MPa/s]		
				spodní C <sub>1</sub>	horní C <sub>2</sub>	optimální C <sub>opt</sub>				
Koks	1,5-5	cca 600	> 750	-	-	-	-	-		
Antracit	4-10	300	700	700	-	-	-	-	Ruské AŠ uhlí	
Černé uhlí	antracitové	10-16	250	670	700	? 1800	1200	0,59	2,5	Ruské T uhlí
	koksové	15-28	165-260	600-630	100-120	? 2000	cca 500	0,68	6,2	
	hřízné	27-35	150-250	580-620	54*-200	? 2000	250-600	0,5-0,7	5,4	
	plynové a palivé	> 33	100-230	560-620	40*-190	? 2000	600-800	0,57-0,77	2,2-10,0*	Polské černé uhlí *
Hnědé uhlí	lesklé	44-50	165	460	36	? 2000	600	0,74	13,4	Severočeské hnědé uhlí obsah vody
	pololesklé a celistvé	50-58	105-140*	410-530*	46-200	1900-2600	160-800	0,27-0,46	1,0-2,0	vprášku * 16%
Hnědá slatina	sm olné	? 60	< 200	375-400	35-80	? 1300	-	-	-	obsah vody vprášku * 16%
	lignit	55-63	140-160 **	500-550**	62-150	400	-	0,26	0,47	** 20-30%

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

9

### Faktory ovlivňující možnost vzniku výbuchu

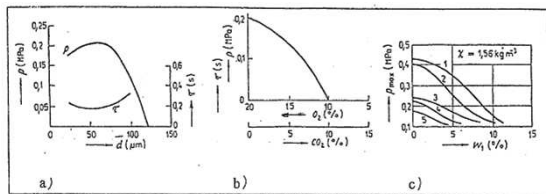
- obsah prchavé hořlaviny
- vytvoření usazené vrstvy prášku
- koncentrace uhelného prášku ve směsi se vzduchem
- jemnost uhelného prášku
- obsah O<sub>2</sub> ve směsi plynů s uhelným práškem
- obsah metanu ve směsi plynů s uhelným práškem
- obsah vody a popela v palivu

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

10

### Faktory ovlivňující možnost vzniku výbuchu



a - jemnost prášku

b - obsah kyslíku v nosném plynu

c - obsah vody v prášku

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

11

### Zohlednění obsahu prchavé hořlaviny při rozhodování o koncepci a návrhu kotle a mlýnice

- Obsah prchavé hořlaviny má významný vliv na návrh a provedení ohniště kotle
  - z funkčního hlediska
  - z hlediska pevnostního dimenzování.
- Zejména se obsah prchavé hořlaviny bere v úvahu při rozhodování o:
  - přebytu spalovacího vzduchu a jeho rozdělení
  - provedení ohniště
  - jemnosti mletí uhelného prášku
  - pevnostním dimenzování stěn spalovací komory a zařízení mlýnice
  - obsahu spalitelných látek v tuhých zbytcích po spalování

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

12

### Volba jemnosti mletí uhlého prášku

- Čím menší je obsah prchavé hořlaviny, tím jemnější musí být mletí uhlí,
- Doporučená jemnost mletí bývá definován jako zbytek na síte 90µm (R<sub>90</sub>), který je definován rozsevou funkcí

$$R_{90} = \frac{\Delta m_{90} \text{ až } X_{\text{max}}}{\sum m_0 \text{ až } X_{\text{max}}} [\%],$$

kde:

$\Delta m_{90} \text{ až } X_{\text{max}}$  - je hmotnost zm o rozměru 90 µm až po maximální zmo

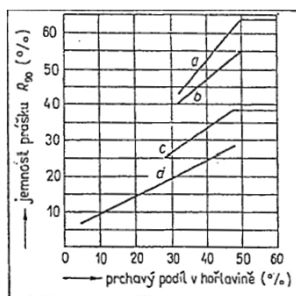
$\sum m_0 \text{ až } X_{\text{max}}$  - je celková hmotnost všech zm o rozměru 0 µm až po maximální zmo

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

13

### Doporučená jemnost mletí



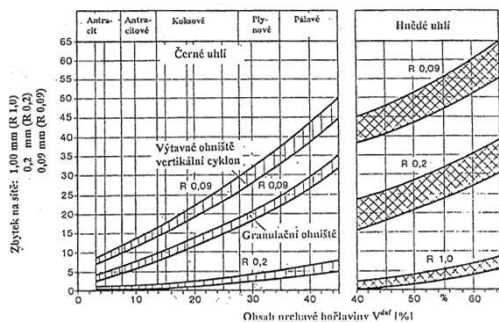
- a- granulární ohniště, hnědé uhlí
- b- granulární ohniště, černé uhlí
- c- výtavná ohniště s větším zachycením popela ve strusce
- d- výtavná ohniště s malým

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

14

### Doporučená jemnost mletí



13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

15

### Paliva s velmi malým obsahem prchavé hořlaviny

- U paliv s velmi malým obsahem prchavé hořlaviny (pro  $V_{daf} < 12\%$ ) se kromě jemného mletí musí u práškových ohnišť provést i konstrukční opatření pro
  - dobré zapalování a
  - stabilní hoření uhlého prášku.
- Většinou se používají tato opatření:
  - volí se vyšší teplota spalovacího vzduchu
  - provede se izolace varnic (omaz žárobetonem) v oblasti kolem hořáků nebo v hořákovém pásmu (zapalovací pás)
  - volí se větší přebytek vzduchu na konci ohniště
  - předpokládá se větší délka plamene (větší výška spalovací komory)

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

16

### Granulometrie uhlí pro ohniště s cirkulující fluidní vrstvou

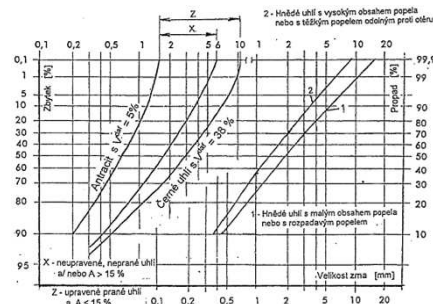
- Spaluje se drcené uhlí.
- Požadavky na granulometrii paliva stanoví každý výrobce podle parametrů ohniště a parametrů a vlastností spalovaného paliva
- Pro česká
  - černá uhlí se většinou udává hodnota 0 až 10 mm,
  - pro česká hnědá uhlí většinou hodnota 0 až 15 mm,

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

17

### Informativní granulometrie uhlí pro fluidní ohniště



13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

18

## Vliv obsahu $V^{daf}$ na pevnostní dimenzování stěn spalovací komory a zařízení mlýnice

● zohledňují se i vzněcovací teploty různých paliv, ale především výbušnost práškové směsi na

- dimenzování stěn spalovací komory.
- dimenzování zařízení mlýnice a práškovodů.

Zařízení	výpočtový přetlak [MPa]
1. Třídíče a práškovodů u mlécích okruhů s přímým foukáním (krátké práškovodů napojené na hořáky s únikovým průřezem ve výtlačné části okruhu $> 0,04 \text{ m}^2/\text{m}$ )	0,04
2. Třídíče, odlučovačky a práškovodů okruhů s práškovým zásobníkem*1	0,15
a) s trubnatými, kroužkovými a kladkovými mlýny	0,04
b) s ostatními typy mlýn	0,04
3. Třídíče, odlučovačky a práškovodů ostatních druhů mlécích okruhů, neuvedených v bodě 1 ani 2	0,04

\*1 Práškový zásobník je opatřen pojistným ústrojím

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

19

## Vliv obsahu $V^{daf}$ na podíl spalitelných látek v tuhých zbytcích po spalování

Odhniště	Uhlí	Podíl spalitelných látek [-]		
		ve škvaře $C_s$	v propadu $C_p$	v úletu $C_u$
Roškové	s pásovým roštem	hnědé	0,30	0,22
		černé	0,18	0,35
	s přesuvným roštem	hnědé	0,09	0,30
		černé	0,09	0,35
	s vrstvným roštem	hnědé	0,07	0,20
		černé	0,08	0,25
Granulační	s pásovým roštem	hnědé	0,12	0,28
		černé	0,12	0,30
	s šlukadlovými mlýny	hnědé	0,05 + 0,10	-
		černé	0,05 + 0,15	-
	šachtové a ventilátorové mlýny	hnědé	-	0,01 + 0,03
		černé	-	0,005 + 0,03
ostatní	hnědé	0,01	-	
	černé	0,02 + 0,05	-	
Tvrdší	hnědé	0	-	
	černé $V^{daf} < 0,25$	0	-	
	uhlí $V^{daf} > 0,25$	0	-	
Fluidní	se stacionární vstřevou	0,01	0,01	
	s cirkulační vstřevou	0,01	-	

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

20

## Vliv obsahu $V^{daf}$ na volbu součinitele přebytku vzduchu

Způsob mletí uhlí	černé chudé $V^{daf} \leq 20\%$	Uhlí černé plynové nebo hnědé
Centrální mletí, otevřený okruh bez recirkulace nebo recirkulaci (brýdy mimo kotle)	1,18 (+ 1,25)	1,15 (+ 1,20)
Uzavřený okruh s recirkulací (brýdy do kotle)	1,20 (+ 1,27)	1,18 (+ 1,25)
Uzavřený okruh bez recirkulace, přímé foukání (brýdy do kotle)	1,23 (+ 1,30)	1,20 (+ 1,27)
Přímé foukání s šachtovými nebo ventilátorovými mlýny	-	1,22 (+ 1,30)

13.10.2019

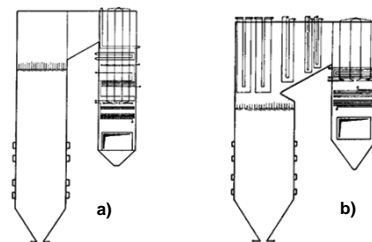
Stavba kotlů - přednáška č. 4

21

## Tvar práškového odhniště

pro spalování:

- černého uhlí – vyšší a štíhlejší odhniště
- hnědého uhlí – nižší a širší odhniště



13.10.2019

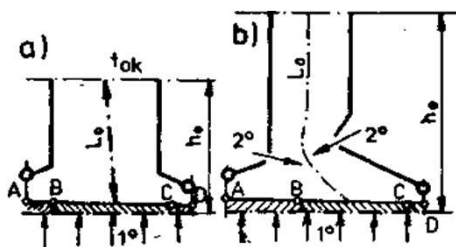
Stavba kotlů - přednáška č. 4

22

## Tvar roštového odhniště a distribuce vzduchu

pro spalování:

- černého uhlí – jedno ohnisko hoření
- hnědého uhlí a biomasy – dvě ohniska hoření



13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

23

## Vliv obsahu síry v palivu

● Síra v uhlí se rozlišuje na síru

- síranovou  $S_{sir}$
  - pyritovou  $S_{pyr}$
  - sírníkovou  $S_s$
  - organickou  $S_{org}$
- } síra spalitelná (prchavá)

● První tři uvedené formy jsou obsaženy v popelovinách a to:

- síranová síra - v síranech, hlavně v sádrovcí (sulfáty)
- pyritová síra - v disulfidech, hlavně v pyritu a markazitu
- sírníková síra - v monosulfidech, hlavně FeS

● Poslední uvedená forma, síra organická, je vázána v organických sloučeninách a obvykle se stanovuje jako rozdíl veškeré síry v palivu a součtu prvních tří uvedených forem

$$S_{org} = S_t - (S_{pyr} + S_{sir} + S_s)$$

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

24

## Specifická (měrná) sirnatost

- udává, kolik gramů síry připadá na jednotku výhřevnosti surového uhlí, tedy

$$S_{spf} = 1000 \cdot \frac{S_t^r}{Q_i^r}$$

kde

$S_t^r$  je obsah síry [kg/kg]

$Q_i^r$  [MJ/kg] je výhřevnost původního vzorku paliva

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

25

## Důsledky obsahu síry v palivu

- síra ovlivňuje chemické reakce, které za vhodných podmínek probíhají
  - mezi složkami popelovin a teplosměnnou plochou kotle
  - mezi složkami spalin a materiálem teplosměnných ploch kotle.
- úzce tedy souvisí
  - s tvorbou struskových či popílkových nánosů
  - s korozí na straně spalin

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

26

## Vliv síry na korozi na straně spalin

- Při spalování se spalitelná síra oxiduje na  $SO_2$  a z menší části, cca z 1 až 5%, na  $SO_3$
- Tyto plyny vstupují do korozních reakcí s materiálem trubek teplosměnných ploch.
- Vznik a průběh korozi určují především:
  - vlastnosti paliva, tj. obsah síry a dalších nežádoucích složek v popelovinách (např. vanad, alkálie, chlor, apod.)
  - způsob spalování
  - teplota spalin a teplota povrchu teplosměnných ploch v místě koroze.
- Příčiny koroze i její působení a důsledky jsou různé a projevují se v různých částech spalinového traktu kotle.
- Při spalování sirnatého uhlí vznikají koroze
  - vysokoteplotní
  - nízkoteplotní.

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

27

## Vysokoteplotní koroze

- Vyskytují se na trubkových stěnách ohniště a v oblasti přehříváku.
- Příčinou těchto korozi je především redukční atmosféra - s obsahem CO a  $H_2$  a byť velmi malým podílem sirovodíku.
- Intenzita koroze závisí
  - na složení a vlastnostech plynného prostředí (toto je za přítomnosti  $H_2S$  mnohem agresivnější než čistě redukční nebo oxidační atmosféra)
  - na složení a stavu slinitých nánosů na trubkách
  - na stavu ochranné vrstvy oxidů.
- Při spalování hnědého uhlí se vysokoteplotní koroze neprojevují tak často a intenzivně jako
  - při spalování uhlí s malým obsahem  $V^{4+}$  (horší podmínky pro spalování, redukční atmosféra)
  - při spalování mazutu (vanadová koroze).
- Vysokoteplotní koroze se vyskytují zejména
  - u kotlů s výtavným ohništěm (stěny trubek ohniště přivrácené k plameni)
  - u kotlů olejových, u nichž přítomný vanad v popelovině spalovaného oleje vytváří nízkotavitelná eutektika  $V_2O_5$  a  $Na_2SO_4$  ( $570^\circ C$ ), která rozrušují ochrannou vrstvu kyslíčnicků i u legovaných ocelí.

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

28

## Nízkoteplotní koroze

- Tyto vznikají na těch částech parního kotle, kde na materiál kotle mohou působit kondenzující složky spalin.
- Některé složky spalin ( $SO_2$ ,  $SO_3$ , HCl a jiné) s vodní párou přítomnou ve spalinách při určité teplotě a dalších podmínkách vytvářejí kyseliny
- Jejich páry při ochlazení na teplotu nižší než je jejich rosný bod při dané koncentraci (parciálním tlaku) kondenzují a vzniká tak agresivní kondenzát, který napadá materiály kotle.
- Účinek je závislý
  - na koncentraci korozivních složek
  - na pracovních podmínkách provozovaného zařízení, zejména
    - na teplotě,
    - přebytku vzduchu
    - fyzikálních a chemických vlastnostech popílku ve spalinách. (Tvoří kondenzační jádra).
- Nízkoteplotní koroze vzniká v těch místech, kde teplota povrchu (stěny) a mezní vrstvy v její těsné blízkosti klesne pod teplotu kondenzace vodní páry nebo par kyseliny sirové při daném parciálním tlaku.

13.10.2019

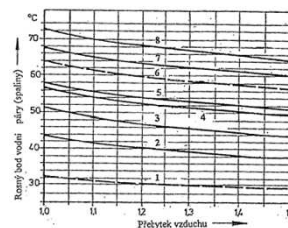
Stavba kotlů - přednáška č. 4

29

## Nízkoteplotní koroze

### Teplota rosného bodu vodní páry ve spalinách závisí

- na obsahu vody ve spalinách
- na přebytku vzduchu, viz obrázek.



Vliv obsahu vody a přebytku vzduchu na teplotu rosného bodu vodní páry ve spalinách

- vysokopecní plyn
- černé uhlí
- sušené hnědé uhlí (W 15%)
- rašelina
- dřevo
- koksárenský plyn
- středoněmecké hnědé uhlí (W 50%)
- rýnské hnědé uhlí (W 60%)

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

30

## Nízkoteplotní koroze

- hlavní příčinou je kondenzace par kyseliny sírové
- parciální tlak kyseliny sírové je úměrný obsahu  $\text{SO}_3$  ve spalinách, tento vzrůstá
  - s rostoucím obsahem síry v palivu
  - se zvětšujícím se obsahem kyslíku ve spalinách.
- V oxidačním prostředí (při větším přebytku vzduchu) se tvoří  $\text{SO}_3$ 
  - přímo,
  - další oxidací (konverzí)  $\text{SO}_2$ .
- Součinitel konverze lze vyjádřit vztahem

$$\omega_{\text{SO}_3} = 100 \cdot \frac{\omega_{\text{SO}_2}}{\omega_{\text{SO}_2} + \omega_{\text{SO}_3}} \quad [\%]$$

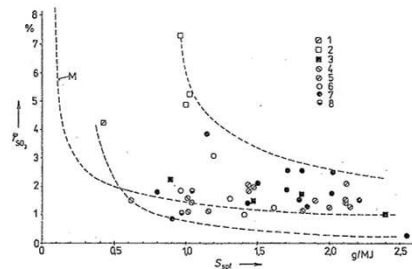
kde  $\omega$  jsou objemové podíly složek ve spalinách.

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

31

## Stupeň konverze $\text{SO}_3$ v závislosti na měrné síratosti a způsobu spalování



1- roštové ohniště, 40 t/h  
2- roštové ohniště s přidavným vz.  
3- výtavné ohniště, 80 t/h  
4 až 8- granulační ohniště, 110 t/h - 220 t/h  
M- regresní čára udávaná pro kapalná paliva (Murray)

13.10.2019

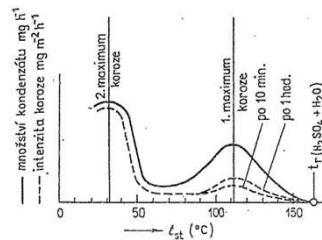
Stavba kotlů - přednáška č. 4

32

## Nízkoteplotní koroze

- při obvyklých podmínkách směs ( $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ) začne kondenzovat při teplotě kolem  $140^\circ\text{C}$
- koncentrace  $\text{H}_2\text{SO}_4$  v tvořícím se filmu

- nejdříve odpovídá koncentraci při odpařování při teplotě  $140^\circ\text{C}$
- teprve při dalším ochlazení (pod  $140^\circ\text{C}$ ) se začne snižovat (zředňuje se) pokračující kondenzací  $\text{H}_2\text{O}$ .



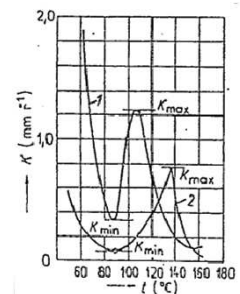
13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

33

## Nízkoteplotní koroze

- Rychlost koroze
  - závisí na teplotě korodující plochy
  - má charakteristický průběh pro každý druh spalovaného paliva.
- Průběh koroze při spalování síratého oleje (1) a hnědého uhlí (2) je uveden na obrázku.
- Kromě nízkoteplotní koroze je průvodním jevem provozu teplosměnných ploch kotle pod teplotou rosného bodu spalin i nalepování popílku a vznik nánosů, které v důsledku hydratace sulfátů a silikátů mohou způsobit i ucpání průtočného průřezu pro spalinu.



13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

34

## Zohlednění obsahu síry při rozhodování o koncepci kotle a jeho návrhu

### Vysokoteplotní koroze

výskyt lze očekávat u kotlů:

- s výtavným ohništěm - stěny ohniště se chrání vrstvou vhodného žáruvzdorného materiálu
- s fluidním ohništěm a to v oblasti výstupního přehříváku, pokud se spaluje uhlí s větším obsahem chloridů, protiopatření je
  - volba vhodného materiálu přehřívákových trubek
  - nepřekročení kritické teploty stěny přehřívákových trubek
  - ochrana trubek proti abrazi.
- s práškovým granulačním ohništěm - u přehříváku páry i u výparníku a to v případech, kdy se spaluje uhlí s vyšším obsahem chloridů. Korozi se předchází
  - omezením výskytu redukční atmosféry = dokonale vyhoření paliva před vstupem spalin do přehříváku
  - teplota stěny přehřívákových hadů by neměla překračovat odpovídající kritickou teplotu
    - řazením přehříváku jako soupravy,
    - snížením tepelného toku apod.,
  - volba vhodného materiálu přehřívákových trubek
  - ochrana trubek proti abrazi popílkem.

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

35

## Zohlednění obsahu síry při rozhodování o koncepci kotle a jeho návrhu

### Nízkoteplotní koroze

- Při spalování uhlí jsou nízkoteplotní koroze zcela běžným a předpokládaným jevem.
- Konstruktor kotle může pouze
  - omezit jejich rozsah
  - zmenšit jejich účinek
- Při řešení tohoto problému může v zásadě postupovat dvěma směry:
  - zaměřit se na odstranění příčin vzniku této koroze
  - zaměřit se na omezení jejich účinků.

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

36

## Odstanění (omezení) příčin nízkoteplotní koroze

- cílem je snížení obsahu  $\text{SO}_3$  ve spalínách,
- lze provést např.:
  - snížením obsahu síry ve spalovaném palivu - není dnes k dispozici komerčně využitelný způsob,
  - omezením konverze  $\text{SO}_2$  na  $\text{SO}_3$  - snížení parciálního tlaku kyslíku ve spalínách (tedy přebytku vzduchu v kotli). U moderních kotlů je tato možnost - v rámci reálných řešení - již vyčerpána.
  - snížením obsahu  $\text{SO}_3$  ve spalínách aditivním odsiřováním spalin v ohništi kotle. Využívá se zejména
    - u kotlů s fluidním ohništěm s cirkulující fluidní vrstvou - při dávkování aditiva do ohniště se dosahuje účinnost odsiřování nad 90%.
    - u kotlů s roštovým ohništěm - při přidávání práškového aditiva s uhlím na rošt lze dosáhnout účinnost odsiřování 30 až 40% a při dávkování práškového aditiva do horní části ohniště pak až 60%.

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

37

## Konstrukční opatření pro omezení rozsahu působení nízkoteplotní koroze

- návrh vhodného materiálu teplosměnných ploch pro spalinový ohřívák vzduchu, ať již trubkový nebo regenerativní.
- vhodné materiály pro tyto teplosměnné plochy mohou být
  - kovové materiály - vysoce legované oceli obecně nejsou považovány za perspektivní, neboť „zvýšená“ odolnost proti korozi není úměrná ceně. Vhodnější se zdají některé speciální nízkolegované oceli se zvýšenou odolností. Litina se u velkých kotlů nemůže použít.
  - nekovové materiály - pro určité podmínky lze použít např. skleněné trubky pro studený konec trubkových ohříváků vzduchu.
  - korozivzdorné povlaky a nátěry - ty mohou být
    - kovové (např. olovo pro ochranu studených kouřovodů a kominů)
    - nekovové, jako např. smalty, makromolekulární hmoty a nátěry.
 Korozivzdorné smalty se uplatňují především u plechů studeného konce regenerativních ohříváků vzduchu.
 Povlaky z makromolekulárních látek (fluorované plasty, fenolplasty, pryskyřice) a korozivzdorné nátěry se osvědčily jako jednoduchá a účinná ochrana kouřovodů.
- Použití některého z uvedených materiálů nebo povlaků je především otázkou ekonomická

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

38

## Konstrukční opatření pro omezení rozsahu působení nízkoteplotní koroze

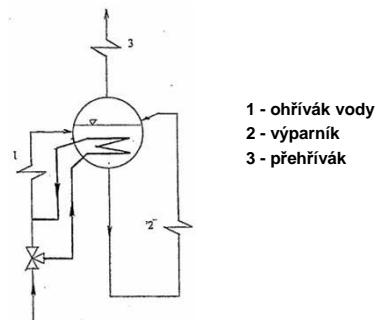
- konstrukční řešení pro udržení provozní teploty stěny teplosměnné plochy nad teplotou bezpečnou z hlediska nízkoteplotní koroze
- konstrukční řešení lze uplatnit pro
  - Ohřívák vody - nebezpečí nízkoteplotní koroze hrozí jen při nízké teplotě napájecí vody - tj. při napájení kotle odplyněnou vodou ( $105^\circ\text{C}$ ) nebo málo ohřátou vodou, s teplotou nižší než  $140^\circ\text{C}$  ( $160^\circ\text{C}$ ).  
Jediným účinným opatřením je zvýšit teplotu napájecí vody na vstupu do ohříváku vody. Toto lze provést (kromě regeneračního přehřevu napájecí vody) např. ohřevem napájecí vody v parním bubnu.
  - Ohřívák vzduchu - teplotu stěny lze udržet nad teplotou bezpečnou z hlediska teploty rosného bodu spalin vhodnými konstrukčními úpravami, kterými se
    - přiznivě ovlivní přestup tepla ve spalinovém ohříváku vzduchu
    - zvýší teplota vzduchu na vstupu do spalinového ohříváku vzduchu
    - využije pro sdílení tepla ze spalin do vzduchu vhodná (pomocná) teplotonosná látka.

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

39

## Schéma přehřevu napájecí vody v bubnu



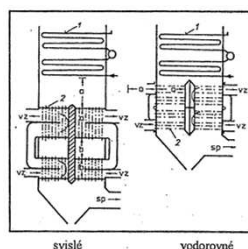
13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

40

## Konstrukční opatření pro omezení rozsahu působení nízkoteplotní koroze

ovlivnění součinitele přestupu tepla v trubkovém ohříváku vzduchu. Příznivé změny součinitele přestupu tepla (poměru  $\alpha_w/\alpha_v$ ) se dosáhne např. změnou způsobu obtékání trubek



13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

41

## Konstrukční opatření pro omezení rozsahu působení nízkoteplotní koroze

zvýšení teploty vzduchu na vstupu do ohříváku vzduchu  
Pro sirmaté uhlí se v praxi provádí přehřev vzduchu na teplotu  $65^\circ\text{C}$  až  $80^\circ\text{C}$  a velikost ohřevu ( $\Delta t$ ) je výrazně odlišná při provozu kotle v létě a v zimě.

- přehřevu lze dosáhnout prakticky dvěma způsoby:
  - recirkulací ohřátého vzduchu
  - přehřevem vzduchu jiným médiem, např. parou
- někdy se s výhodou používá kombinace obou uvedených způsobů.

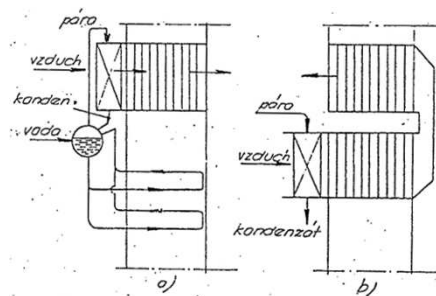
přehřev vzduchu ve výměníku s pomocným teplotonositelem ve výměníku tepla z tepelných trubek (Perkinsovy trubky), v nichž je pomocná teplotonosná látka

13.10.2019

Stavba kotlů - přednáška č. 4

42

### Schéma přehřevu vzduchu parou



1 – spalínová odparka    2 – cizí (odběrová) pára