

### **Slide 3 – Schéma atmosférického plynového hořáku**

Plyn vstupuje vysokou rychlostí z trysky do injektoru (ejektoru), kde se jeho proudění urychluje. Tím vzniká podtlak a dochází k přisávání okolního (primárního) vzduchu. Vytvořená směs pokračuje do difusoru, kde se její tlak zvýší. Směs proudí do hořákové tyče s mnoha otvory, na jejich výstupu hoří, vzniká homogenní mnohačetný plamen, sekundární spalovací vzduch se odebírá z okolí.

Výhody: velmi jednoduchá konstrukce hořáku, který nemá žádné pohyblivé prvky – hořák funguje jen díky přetlaku plynu.

Nevýhody: dávkování spalovacího vzduchu nelze regulovat – hořák pracuje s dosti vysokým přebytkem spalovacího vzduchu 1,5 až 2

Použití: kotle malých výkonů, dnes na ústupu

### **Slide 5 – Přetlakový plynový hořák**

Spalovací vzduch je nasáván z okolí ventilátorem, je veden do hořáku, kde se míchá s plynem, na výstupu z hořákové trouby směs hoří.

Výhody: řízená příprava spalovací směsi, lze udržet nízký přebytek spalovacího vzduchu 1,1 až 1,2 v širokém výkonovém spektru

Nevýhody: složitější a dražší řešení, nutný přívod elektřiny pro pohon ventilátoru a regulačních prvků

Použití: široké spektrum výkonů až po desítky MW

### **Slide 6 – Přetlakový plynový hořák**

Naznačena funkce hořáku – příprava primární směsi, která vstupuje do jádra plamene, sekundární vzduch jej obaluje. Tím dochází k postupnému směšování a spalování, čímž je redukována tvorba NO<sub>x</sub>

### **Slide 7 – Plynový hořák premix**

Kombinace obou předchozích typů – vzduch je dávkován ventilátorem s proměnnými otáčkami, směs odhořívá v hořákové tyči

Výhoda: nízký přebytek spalovacího vzduchu v širokém výkonovém spektru

Použití: pro nízké výkony, uplatnění v kondenzačních kotlích

### **Slide 13 – Schéma závěsného pl. kotle**

Provedení a) TURBO, b) do komína. Kotel je opatřen atmosférickým hořákem. V provedení C1 TURBO je použit spalínový ventilátor, který odsává spaliny a současně vytváří podtlak, který zajišťuje nasávání spalovacího vzduchu z vnějšku. V provedení B je spalovací vzduch odebírán z prostředí kotelny; je nutný přerušovač tahu, aby příliš velký tahový účinek komína nestrhl plamen.

Použití: v domácnostech a rodinných domcích – stále široce používaný typ kotle. Dnes se již neprodává, nahrazen kondenzačními závěsnými kotli.

### **Slide 19 – Ocelový horkovodní kotel plamencový žárotrubný**

Plynový přetlakový hořák pracuje do válcové spalovací komory – plamence. Spaliny vstupují do žárových trubek uspořádaných do více tahů, po dochlazení jsou odvedeny do komína. Plamenec a žárové trubky jsou chlazeny ohřívanou vodou, která vyplňuje zbytek vnitřního objemu pláště – kotle jsou někdy označovány jako velkoprostorové.

Použití: centrální zdroje – výtopyn o výkonu stovky a tisíce kW

### Slide 20 – Plynový parní kotel

Analogická koncepce kotle na výrobu syté páry. V celém objemu dochází k varu vody. V horní části bubnu jsou žárové trubky vynechány. Nad jejich úrovní je v konstantní výšce udržována hladina, z níž se z vroucí vody uvolňuje sytá vodní pára. Ta je odváděna do parní sítě. Výška hladiny je udržována regulací napájení.

Kotel musí být napájen upravenou vodou – změkčenou a termicky odplyněnou. Přesto při výrobě páry dochází k zahušťování solí v kotelní vodě – řeší se kontinuálním odluhem = částečným odpouštěním a náhradou upraveno napájecí vodou. Množství odluhu je 1 až 2 % parního výkonu.

Výhody: jednoduchá koncepce, velký vodní objem akumuluje značné množství tepla – kotel je málo citlivý na kolísání odběru páry, které se projevuje změnou jejího tlaku.

Nevýhody: velký vodní objem prodlužuje dobu njetí kotle ze studeného stavu. Problematické umístění přehříváku – kotle převážně jen na sytou páru. Přetlakem namáhaný plášť omezuje výkonové a tlakové parametry kotlů, max. velikost kotlů dána přepravními možnostmi.

Použití: co do četnosti zřejmě nejpoužívanější typ parního kotle – sytá pára se používá pro otop a v mnoha technologických procesech. Výkony od stovek kW do desítek MW, tlak páry v jednotkách bar.

### Slide 21, 22 – Plynový parní kotel

V řezu je vidět zapojení žárových trubek do 3 tahů.

### Slide 23 – Připojení ekonomizéru ke kotli

Velkoprostorový kotel je plný syté vody, jejíž teplota odpovídá tlaku – např. pro 6 bar 159 °C. Kotel dokáže spaliny ochladit na teplotu o 40 až 50 °C vyšší, tedy 200 °C, jeho účinnost by byla špatná. Pro lepší vychlazení spalin je třeba za kotel zapojit ohřívák napájecí vody (ekonomizér), v němž se napájecí voda po termickém odplynění ohřívá z teploty 105 °C na teplotu např. 140 °C a spaliny tak lze dochladiť na 120 až 130 °C. Ekonomizer je vyroben jako vodotrubný svazkový výměník z vnějšku obtékaný spalinami.

### Slide 29 - Plynové kondenzační kotle

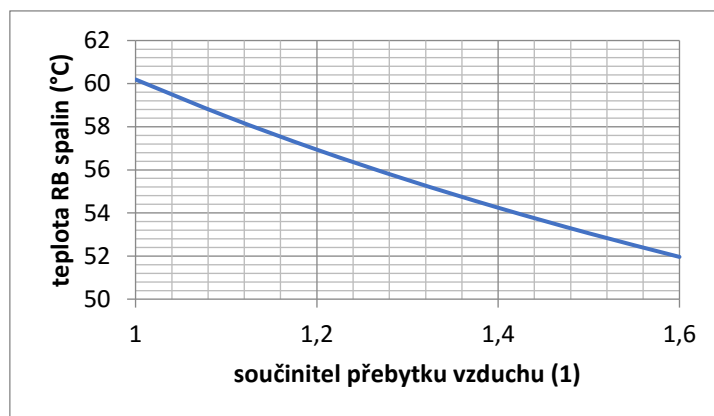
Kondenzací vodní páry ze spalin lze získat zajímavý energetický bonus. Aby ke kondenzaci vodní páry ze spalin došlo, musí dojít k jejich ochlazení pod tzv. teplotu rosného bodu. Analogicky s vlhkým vzduchem lze teplotu rosného bodu spalin definovat jako teplotu, při níž spaliny během izobarického ochlazení dosáhnou stavu nasycení vodní parou, tj. vodní pára obsažená ve spalinách je ve stavu syté páry. Této definice lze užít pro výpočet teploty rosného bodu spalin ze známého objemového podílu vodní páry v nich zastoupené. Budeme-li na spaliny pohlížet jako na směs ideálních plynů, pak lze uplatnit Daltonův zákon, který říká, že celkový tlak směsi je roven součtu parciálních tlaků jednotlivých složek směsi. Parciální tlak  $p_i$  [Pa] je takový tlak, který by měla složka směsi  $i$ , kdyby byla sama v objemu, jaký zaujímá směs, při stejné teplotě, jakou má směs. Je-li znám objem vodní páry ve spalinách  $V_{H_2O}$  [m<sup>3</sup>], celkový objem spalin  $V_S$  [m<sup>3</sup>] a jejich celkový tlak  $p_c$  [Pa], je možné parciální tlak vodní páry ve spalinách určit ze vztahu

$$p_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_S} \cdot p_c \quad [\text{Pa}] \quad (1)$$

Protože při teplotě rosného bodu je vodní pára ve spalinách v sytém stavu, lze z tabulek vody a vodní páry pro takto vypočtený parciální tlak odečíst teplotu sytosti páry, která odpovídá teplotě rosného

bodou vodní páry ve spalinách. Při dalším ochlazení spalin pod tuto teplotu by již nastala kondenzace vodní páry na chladnějším povrchu výhřevných ploch kotle, do nichž se teplo ze spalin odvádí, a zde by se též uvolnilo a využilo zmiňované kondenzační teplo vodní páry.

Spalování plynu může být vedeno s různým přebytkem vzduchu. Při stechiometrickém spalování s minimálním množstvím vzduchu vzniká nejmenší objem spalin s nejvyšší objemovou koncentrací vodní páry, a tedy i teplotou rosného bodu, která činí přibližně 60 °C. Reálné spalování je však vedeno s větším než minimálně potřebným množstvím spalovacího vzduchu. Užití vyššího přebytku vzduchu podporuje průběh spalování a vyhoření paliva, současně však zvyšuje objem spalin a snižuje objemový podíl vodní páry, jejíž absolutní objem ve spalinách se v podstatě nemění. Důsledkem je pokles teploty rosného bodu, a tedy i potenciálu pro využití kondenzačního tepla vodní páry ze spalin, jak ukazuje následující graf.



Důležitým rozdílem proti kondenzaci čisté páry, která za stálého tlaku probíhá při konstantní teplotě, je postupné snižování kondenzační teploty páry ze spalin úměrně množství vzniklého kondenzátu. Zatímco objem nekondenzujících plynů se ve spalinách se během kondenzace nemění, objem a tedy i parciální tlak vodní páry klesá, tím se teplota rosného bodu neustále snižuje, přičemž spaliny jsou trvale ve stavu nasycení vodní parou. Z toho plyne závěr, že množství vykondenzované vodní páry a tedy i získaného kondenzačního tepla je úměrné ochlazení spalin, které by mělo být pokud možno co největší. Z toho plyne požadavek na co nejnižší teplotu vratné vody do kondenzačního kotle, na níž je stupeň kondenzace a i jeho účinnost silně závislá.

### Slide 35 – Malé zdroje

Teplovodní kotel na kusové dřevo se spodním odhořívání na roštu pro lokální otopné soustavy. Spaliny se dochlazují v žárových trubkách. Odtah spalin i řízené přísávání spalovacího vzduchu je zajištěno kouřovým ventilátorem.

### Slide 36 – Zplyňovací kotle

Kotel má třístupňové spalování. Do zásobníku paliva se přivádí menší množství vzduchu. Dochází zde ke nedokonalému hoření – zplyňování paliva. Vzniklý plyn vstupuje do keramické trysky – hořáku, kam je přiváděn další spalovací vzduch. Plyn dohořívá v prostoru pod tryskou. Princip je vhodný pro spalování paliv s vysokým obsahem prchavé hořlaviny a malým podílem popela – biomasa.

### Slide 37, 38 –Kotel na peletky

Peletky se ke kotli a na rošt dopravují šnekovými dopravníky s cyklickým provozem – tím se reguluje výkon kotle. Spaliny se vychlazují v žárových trubkách. Pro zlepšení přestupu tepla jsou do trubek

vsunuty viřiče (turbulátory) – mohou být pohyblivé (rotačně, suvně) a tím provádět čištění trubek i za provozu kotle. Odvod spalin je zajištěn ventilátorem.

#### **Slide 46 – Horkovodní skříňový kotel pásovým roštem**

Starší typ skříňového kotle na uhlí s pásovým roštem

#### **Slide 47, 48 – Horkovodní skříňový kotel přesuvným roštem**

Rošt má tvar pozvolných schodů, každá druhá řada roštnic je horizontálně pohyblivá, tím se palivo po roštu posouvá.

#### **Slide 49 – Fluidní rošt s bublinkující fluidní vrstvou**

Pro vyšší výtopenké výkony se volí spalování uhlí i biomasy v bublinkující (stacionární) fluidní vrstvě. Spodním příívodem vzduchu se palivo dostane do vznosu a při tom odhořívá. Podmínkou je rovnoměrný příívod vzduchu do celé plochy fluidního roštu – lze řešit např. žlabovým distributorem s velkým počtem vzduchových trysek dle obrázku.

#### **Slide 49 – Kotel s fluidním roštem pro výkony > 1 MW**

Kotel je již řešen jako vodotrubný = voda proudí v trubkách a spaliny jsou vně. Z trubek jsou vytvořeny chlazené stěny kotle, do spalinových tahů za spalovací komorou jsou umístěny výhřevné plochy ve formě trubkových svazků. Poslední výhřevnou plochou po proudu spalin je ohřívák vzduchu. Za kotlem je lapač jisker, který chrání látkový filtr před vznícením.