

1. Kotle pro tepelné centrály

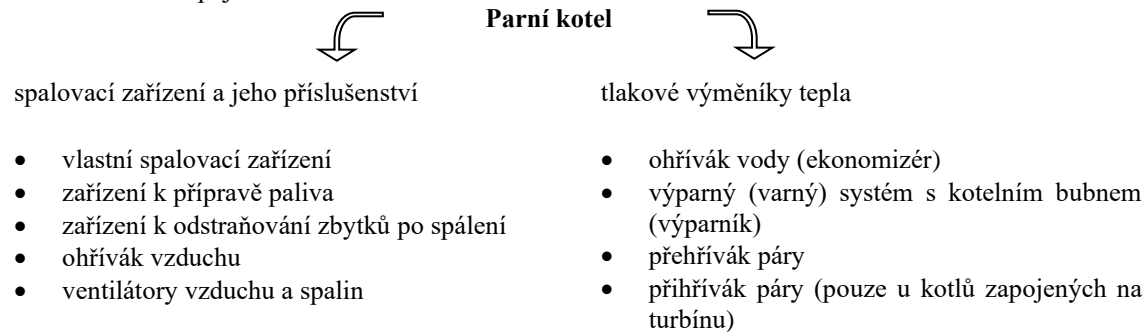
1.1. Základní pojmy

Kotel je zařízení sloužící k výrobě páry (parní kotel), ohřevu vody (teplovodní nebo horkovodní kotel) resp. k ohřevu jiného média (např. oleje).

Teplu se získává obvykle spalováním paliva tj. hmoty, ze které uvolňujeme chemickou reakcí teplo. V některých zvláštních případech odpadá spalování a k ohřevu média se využívá odpadního tepla (kotle utilizační) nebo elektřiny (elektrokotle).

V kotli tedy dochází k transformaci chemické energie paliva na tepelnou energii spalin do pracovního média. Výsledkem je pára (sytá nebo přehřátá), teplá voda (do 110 °C) resp. horká voda (nad 110 °C) požadovaného tlaku.

Kotel v obecném pojetí se člení takto



U parních kotlů se tlakové výměníky tepla nazývají parní generátory. U kotlů horkovodních a teplovodních je jediným výměníkem ohřívák vody.

Schéma jednoduššího kotle s vyznačením základních pojmů je v obr.

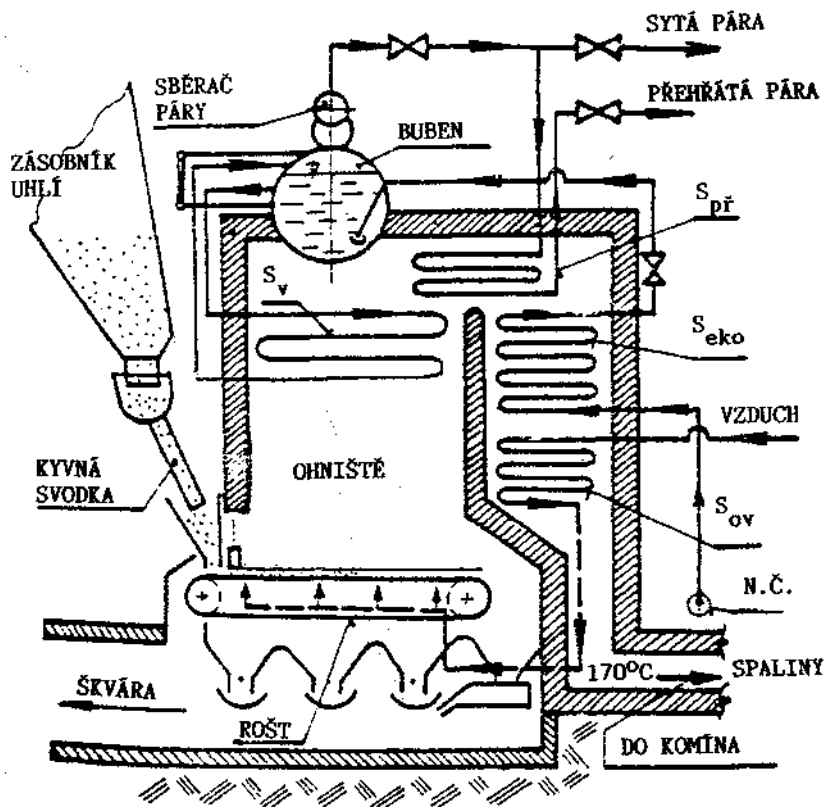
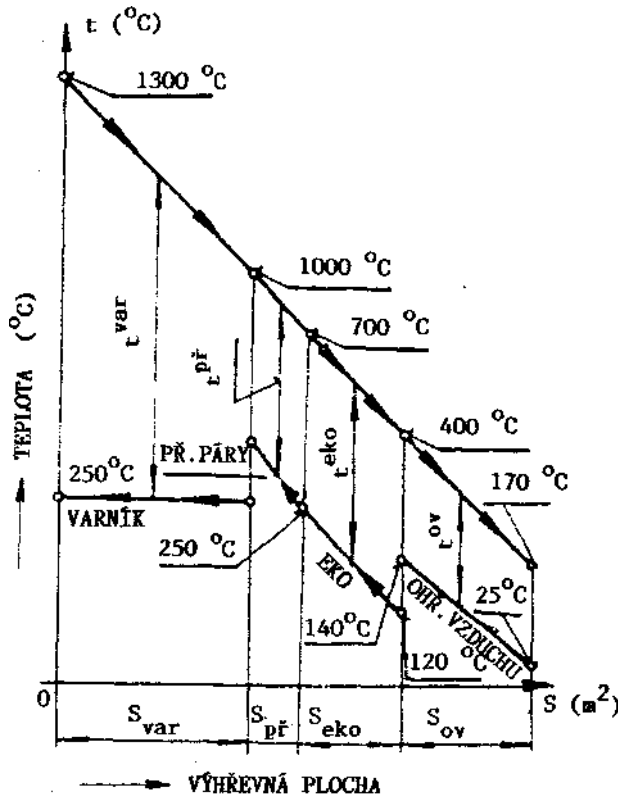


Schéma roštového kotle

Spalovací zařízení je zde tvořeno roštem, na němž hoří palivo. Prostor mezi roštem a první teplosměnnou plochou se nazývá ohniště resp. spalovací komora. Příslušenství spalovacího zařízení zde tvoří doprava vzduchu, ohřívák vzduchu (S_{ov}) a systém odvodu spalin a škváry

Parní generátor je tvořen třemi typy výměníků. Voda z úpravy vody je stlačena napájecím čerpadlem (NČ) a prochází přes ohřívák vody (S_{eko}) do bubnu. Z bubnu pak vstupuje do výparníku (S_v), kde se ohřívá a jde zpět do bubnu. V bubnu dochází k oddělování syté páry od vody. Sytá pára z bubnu jde do přehříváku ($S_{př}$), kde se mění ve výsledný produkt - přehřátou páru.

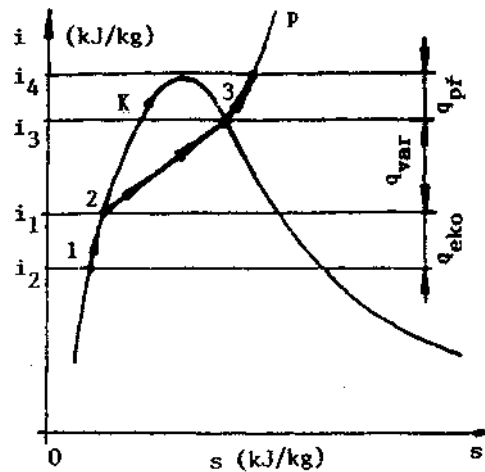
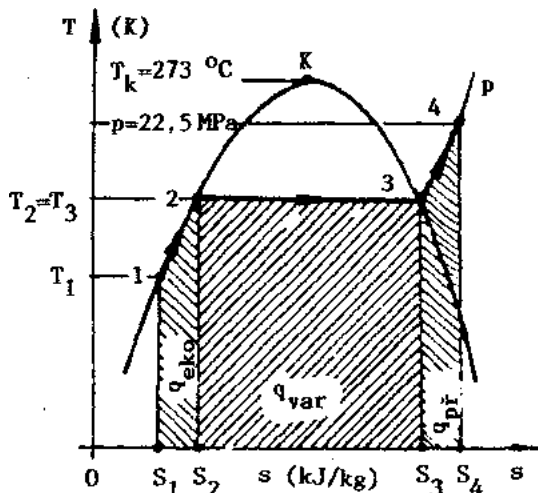
Spaliny, vznikající spalováním uhlí v ohništi odcházejí přes S_v nahoru (1. tah kotle), procházejí vodorovným spalinovodem (mezitah) a obracejí se a proudí směrem dolů (2. tah kotle). Kotel tohoto provedení, z hlediska proudění spalin, se označuje jako dvoutahový. Kromě toho mohou být kotle jednotahové, třítahové i vícetahové.



1.2. Diagram teplota - výhřevná plocha

Diagram zachycuje průběh teploty spalin a media (voda- pára) a spalovacího vzduchu. Z obr. je patrný postupný úbytek teploty spalin v kotli z 1300 °C na 170 °C v důsledku odvodu tepla do výhřevných ploch kotle. Všechny výměníky tepla jsou protiproudé. Spalovací vzduch se ohřívá z 25 °C na 140 °C v ohříváku vzduchu. Napájecí voda se ohřívá ze 120 °C teoreticky až k teplotě varu při daném tlaku v EKO a je vedena do bubnu. Teplota v bubnu jakožto i v celém výparníku je konstantní odpovídající mezi sytosti (isobaricko-isotermický proces). V důsledku přívodu tepla do výparníku se voda z části mění v sytou páru. Podíl vyrobené páry je charakterizován suchostí parovodní směsi x . V bubnu dochází k oddělení syté vody a páry. Voda se vrací do výparníku, pára se ohřívá v přehříváku, kde se zvyšuje její teplota oproti mezi sytosti o cca 30 °C.

Základní změny stavu vody a páry v kotli znázorněné v diagramu T-s a i-s jsou patrné z následujících obrázků.



q_{eko} - teplo do ekonomizéru (ohřátí napájecí vody do teploty varu)

q_{var} - teplo do výparníku (na vypaření napájecí vody)

$q_{př}$ - teplo do přehříváku (na přehřátí syté páry ze stavu 3 na stav 4)

Pořadí ploch ve směru toku spalin

výparník - přehřívák - ohřívák vody (EKO) - ohřívák vzduchu (LUVO)

Pořadí ploch ve směru toku media (vody, páry)

ohřívák vody (EKO) - výparník - přehřívák

1.3. Rozdělení kotlů

Podle užití v energetické centrále rozeznáváme kotle elektrárenské, teplárenské, vytopenské, kotle pro spalovny, kotle ulitizační (na odpadní teplo), pro dopravní účely (lodní, lokomotivní).

Nejčastější jsou stacionární, řídicí mobilní. Zvláštní skupinu tvoří kotle balené.

Podle použitého paliva rozeznáváme kotle na tuhá, kapalná a plynná paliva resp. pro jejich společné spalování.

Podle způsobu spalování tuhých paliv rozeznáváme kotle roštové, fluidní, práškové (granulační nebo výtavné) a cyklonové.

Podle konstrukce výparníku jsou kotle velkoprostorové (s relativně velkým obsahem vody bez cirkulace) a vodotrubné (s relativně malým obsahem vody s cirkulací vody ve výparníku).

Podle tlaku se kotle dělí parní kotle na:

- nízkotlakové do 2,5 MPa tlaku vyrobené páry
- středotlakové od 2,5 do 6,4 MPa tlaku vyrobené páry
- vysokotlakové od 6,4 MPa výše tlaku vyrobené páry

Podle způsobu zatížení rozeznáváme kotle špičkové, pološpičkové a základní.

1.4. Parametry kotlů

Kotel je charakterizován souborem těchto údajů:

- jmenovitý hmotnostní tok vyrobené páry na výstupu z kotle, kterého musí kotel dosáhnout v trvalém provozu při dodržení jmenovitých hodnot základních parametrů tj. tlaku a teploty páry a napájecí vody při spalování projektovaného paliva,
- jmenovitý tlak,
- jmenovitá teplota páry (přehřáté i přihřáté),
- jmenovitá teplota napájecí vody
- druh a vlastností paliva.

Příklad označení parního kotle

FLUIDNÍ KOTEL PARNÍ

175 kg/s (630 t/h) hmotnostní tok páry	17,8/3,8 MPa tlak přehřáté/přihřáté páry	540/545 °C teplota přehřáté/přihřáté páry	240 °C teplota napájecí vody
na hnědé uhlí	15MJ/kg výhřevnost	obsahem W=25% obsah vody v palivu	A=15% obsah popelovin v palivu

U horkovodního kotle dochází pouze k ohřevu vody. Příklad označení :

HORKOVODNÍ KOTEL na zemní plyn

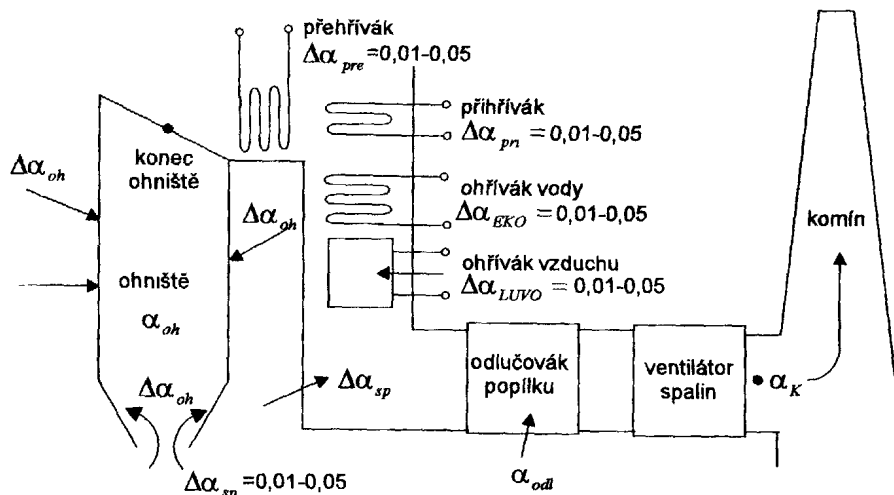
198 kg/s (715 t/h) hmotnostní průtok vody	150/90 °C výstupní/vstupní teplota vody	1,5 MPa tlak vody	na zemní plyn
--	--	----------------------	---------------

1.5. Přebytek spalovacího vzduchu

Přebytek vzduchu je důležitou veličinou pro provoz kotle. Vyšší součinitel přebytku vzduchu zhoršuje komínovou ztrátu a snižuje účinnost. Nižší součinitel přebytku vzduchu může vést k místnímu nedokonalému spalování, což zvyšuje ztráty chemickým nedopalem a zmenšuje uvolněné teplo v ohništi.

Výrobce kotle obvykle udává doporučené hodnoty součinitele přebytku vzduchu pro různá zatížení a různá paliva v podobě tzv. režimových karet (případně si je zpracovává provozovatel). Režimové karty jsou důležitým prostředkem obsluhy k optimálnímu provozování kotle.

Většina velkých kotlů má **podtlakové ohniště**, aby při pulzacích tlaku nevnikly do kotelní spaliny a neznečisťovaly prostředí. Součinitel přebytku vzduchu není u těchto kotlů po dráze spalin konstantní. Podtlak v kotli se zvětšuje směrem ke komínu. V důsledku podtlaku dochází v jednotlivých částech kotle k různě velkému přísávání falešného vzduchu, který ředí spaliny (klesá koncentrace CO₂) a směrem ke komínu zvětšuje součinitel přebytku vzduchu o $\Delta\alpha$. Při výpočtech se proto uvažuje s vědomým přísáváním vzduchu. Orientační hodnoty $\Delta\alpha$ jsou patrné z obr. 1-1. Platí tedy $\alpha_k = \alpha_{oh} + \sum \Delta\alpha_i = \alpha_{oh} + \Delta\alpha_{oh} + \Delta\alpha_{pre} + \Delta\alpha_{pri} + \Delta\alpha_{EKO} + \Delta\alpha_{LUVO} + \Delta\alpha_{sp} + \Delta\alpha_{odl}$

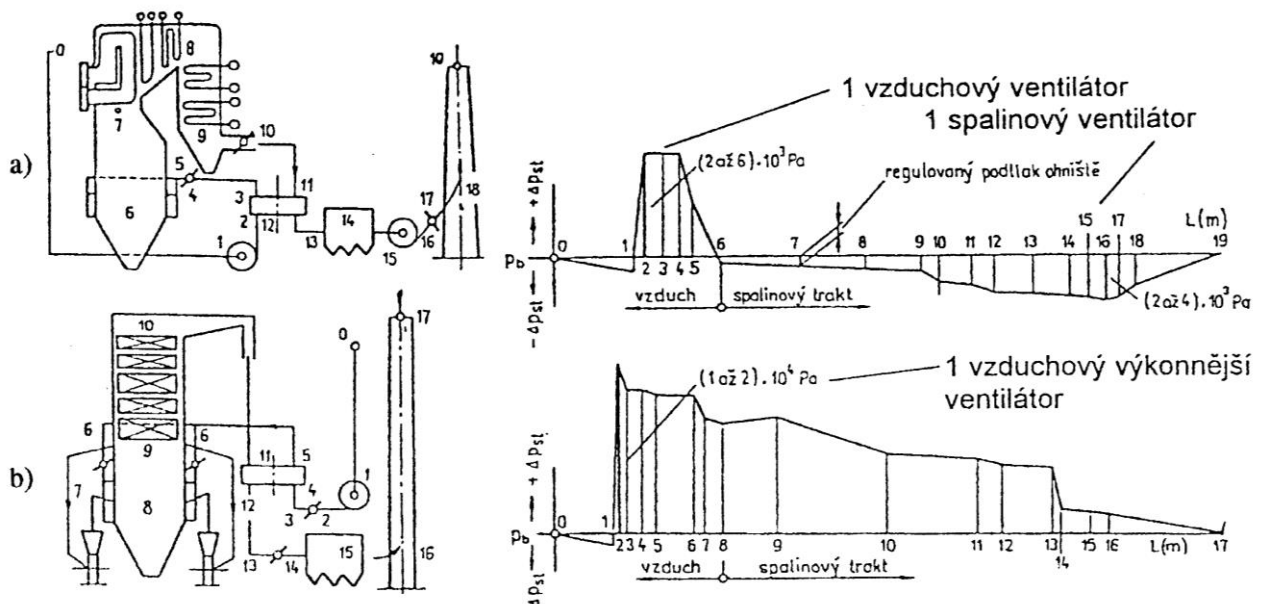


obr. 1-1 Schéma přísávání falešného vzduchu do kotle

Velké přísávání falešného vzduchu je jednou z hlavních příčin zhoršení hospodárnosti podtlakových kotlů. Proto musí provozovatelé kotlů věnovat velkou pozornost těsnosti vzduchospalinového traktu. K tomu je nutné měření CO_2 resp. O_2 (dnes v praxi častější). Měření se doporučuje provádět jak v průběhu provozu, tak zejména před a po generální opravě. Je vhodným a velmi důležitým měřítkem posouzení kvality realizované generální opravy nebo rekonstrukce kotle. Při tomto měření je rovněž účelné provádět měření ztrát, zejména ztrát Z_k , Z_C a Z_{CO} a určit optimální přebytek vzduchu. Kritériem jeho stanovení jsou též současně emisní limity CO a NO_x .

Přísávání falešného vzduchu do kotle je charakteristické pro podtlakové kotle, kde v celém kotli je podtlak, který narůstá směrem ke komínu. Teplárenské kotle tohoto provedení mají většinou dva ventilátory. První je vzduchový, druhý ventilátor je spalinový, nazývaný též sací nebo kouřový. Výhodou tohoto řešení je, že spaliny se nemohou dostat ven z kotle. To má z důvodu bezpečnosti provozu význam u uhelných kotlů, kde spaliny mají značnou koncentraci popílku s nespáleným uhlíkem, který může být při úniku z kotle zdrojem požáru. Typický průběh statického tlaku podtlakového práškového kotle je v obr. 1-2a.

Dnešní technologie membránových stěn a dokonalých obložení umožňují použití přetlakových kotlů. Výhodou těchto kotlů je velmi dobrá těsnost, což vede ke snížení komínové ztráty. V současné době se přetlakové kotle používají i u uhelných kotlů a výrazně převládají u kotlů na topné oleje a zemní plyn. Příklad průběhu statického tlaku přetlakového věžového kotle je v obr. 1-2b.



- a) práškový podtlakový kotel se dvěma ventilátory
- b) práškový přetlakový kotel s jedním vzduchovým ventilátorem

obr. 1-2 Typický průběh tlaku ve vzducho-spalinovém traktu u podtlakového (a) a přetlakového (b) kotle