

ODBORNÉ VZDĚLÁVÁNÍ ÚŘEDNÍKŮ
PRO VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY
OCHRANY OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

Spalování paliv - Kotle

Ing. Jan Andreovský Ph.D.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Kotle – Pomocné technologie

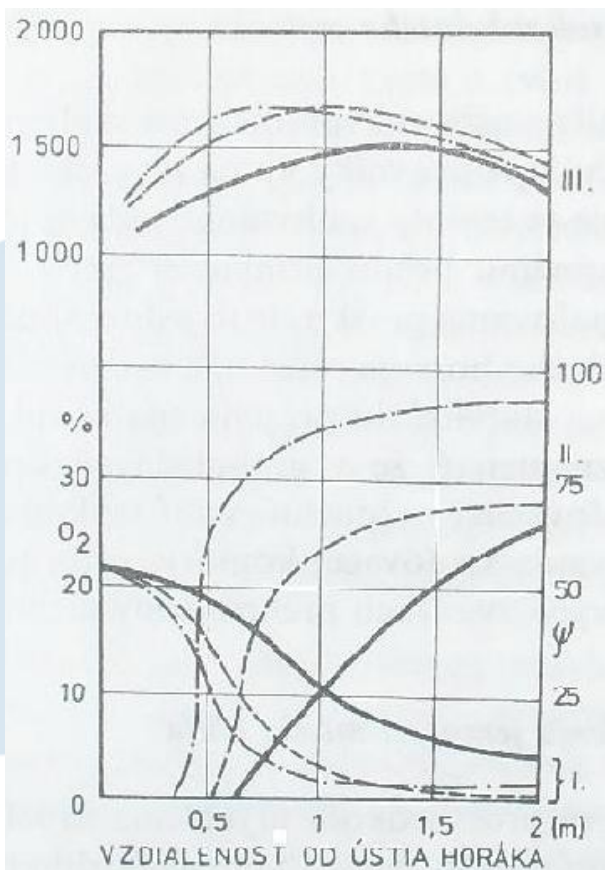
- **Pomocné technologie** – zařízení a provozní soubory, které nejsou přímou součástí vymezeného prostoru kotle, ale které zajišťují:
 - Provoz kotle (z hlediska provozuschopnosti, bezpečnosti, rozsahu regulace atd.)
 - Provoz dalších technologických celků výroby tzn. odběratelů páry z kotle
 - Efektivní výrobu a přeměnu energie (ŘS, MaR, distribuce atd.)
 - Z hlediska provozních náplní (např. doplňovací stanice, úprava vody)
- Pomocné technologie jsou rozděleny většinou ve výrobních dle zvyklostí a požadavků spolehlivosti do jednotlivých skupin, které určují stupeň důležitosti (např. 1 – hlavní výrobní zařízení). Předepsaný stupeň pak určuje rozsah zálohovatelnosti, nutnost časové reakce zásahů při poruše, nutnost předzásobení náhradních dílů na sklad a cenovou úroveň pravidelného servisu.
- V některých případech, např. při změně okrajových podmínek (extrémní výrobní nasazení) jsou obvyklé i přesuny mezi jednotlivými skupinami důležitosti. Technologie mají pravidelně monitorovaný provozní stav (velmi často online)
- **Hlavní typy pomocných technologií**
 - Výrobní tlakového vzduchu
 - Čerpací stanice
 - Systémy potrubních doprav (hydrodopravy, pseudopravy)
 - Úprava vody – demistanice
 - Příprava paliva - drtiče, třídiče, technologie vykládky a dopravy
 - Pasové a fluidní dopravníky
 - Retenční zařízení – skladování provozních hmot
 - Příjmová zařízení – např. dodávka surové vody
 - Atd.

Kotle – Pomocné technologie

- **Technologie přípravy a skladování paliva** – patří mezi nejvýznamnější pomocné technologie a v některých případech je i nedílnou součástí kotle např. mlýn a třídič práškových kotlů.
- Technologie přípravy a skladování paliva musí zajistit trvalou a homogenní dodávku resp. dostatečnou dodávku pro trvalý a bezpečný provoz zdroje. V případě poruchy způsobující přerušeni dodávky je zřejmé odstavení zdroje i když další navazující provozní soubory jsou v pořádku. Uvedenému riziku se předchází např.:
 - Vytvořením retenčních objemů paliva (skládky) u provozovatele nebo dodavatele
 - Zálohováním hlavních dopravních tras a obslužných technologií skládky, vykládky a zauhlení.
 - Dimenzováním provozních technologií na vyšší kapacity.
 - Zvýšením dohledu a servisu nad stavem zařízení. Instalací ochranných prvků.
- **Drcení, třídění a mletí** – Drcení paliva se vyskytuje převážně u fluidních kotlů a roštových kotlů. U práškových kotlů jde o velmi jemné drcení tedy mletí. Mletí je přímo svázáno se spalovacím procesem, velmi často ventilátorovým mlýnem a kvalitou mletí, kvalitou paliva jsou přímo ovlivněny výkonové rozsahy a účinnost provozu kotle. Technologie příprav paliva práškových kotlů bývá obvykle naddimenzována a v případě poruchy na jednom mlýnu je možné plynule převzít nutnou dodávku navýšením výkonu zbylých mlýnů. V případě poruchy dalšího mlýnu již je nutné snižovat výkon a dále pak odstavit kotel, Je tedy zřejmé, že i když je spalovací zařízení zcela v pořádku, nedílnou součástí celé technologie spalování je příprava paliva.
- **Drcení paliva** se provádí zejména v drtičích :
 - Kladivových, klecových, válcových, kuželových.
- **Mletí paliva** se provádí zejména v mlýnech:
 - Ventilátorových, trubnatých (kulových), odrazových, kuželových

Kotle – Pomocné technologie

- **Třídění** se provádí zejména v:
 - Dynamických třídících – většinou velmi blízko kotle (práškové kotle)
 - Stacionárních třídících – třídění na cestě zauhlování, většinou je předsunuto drcení nebo zařazeno ve smyčce s drcením – jedná se o válcové třídíče, vibrační síta, prstové třídíče atd.
- Náročnost drcení a přípravy paliva, především pro práškové kotle, vykazuje vysoké energetické nároky, které jsou přímo spojeny s kvalitou spalovacího procesu tzn. např. jemnější mletí může zlepšit kvalitu a rychlost hoření ale zároveň je nutné dodat vyšší mlecí práci okruhu pro získání jemnějšího zrna. Určuje se tzv. ekonomická jemnost prášku.



Ukázka souvislost přípravy paliva se spalovacím procesem - vliv na provoz kotle.

Pokus č.1 – 60% do 40 μ m – měrný povrch 400 m²/kg

Pokus č.2 – 35.6% do 40 μ m – měrný povrch 820 m²/kg

Pokus č.3 – 17.3% do 40 μ m – měrný povrch 1360 m²/kg

I. – koncentrace O₂

II. - stupeň vyhoření uhlíku

III. - teplota plamene

— POKUS Č.1
- - - POKUS Č.2
- · - · POKUS Č.3



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

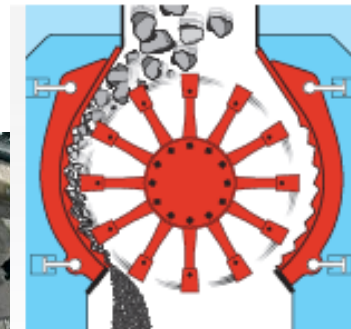


OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Kotle – Pomocné technologie

- **Provozní zkušenosti**
- Z hlediska přípravy paliva je nejcitlivější práškový způsob spalování. Provoz a účinnost fluidních kotlů je taktéž závislá na granulometrii paliva, ale z hlediska krátkodobých poruch na přípravě (porucha drcení, třídění) paliva nedochází vždy nutně k odstavení provozu. Nejnižší citlivost z hlediska provozuschopnosti výroby vykazuje roštové spalování.
- Granulometrie paliva u fluidních kotlů ovlivňuje místo vyhoření a délku (dobu vyhoření). V případě, že není příprava granulometrie paliva v provozu dochází k vyšším nedopalům ve fluidní vrstvě (v ložovém materiálu), vyšší nestabilitě hoření fluidní vrstvy, k problémům s technologiemi MaR, a v některých případech jsou zaznamenány i problémy v dopravě paliva a ložového materiálu.



Kotle – Pomocné technologie

- **Další významné technologie – v provozu kotle (přehled, provoz kotle)**
- Jedná se především o chladicí systémy a čerpací stanice, které zajišťují chlazení výměníkových ploch, trysek atd. při běžném provozu nebo výpadku kotle. Např. při výpadku fluidního kotle se ze systém havarijního chlazení přivádí chladná voda, která zajišťuje odvod tepla z ložové vrstvy do jejího úplného vychladnutí. V případě, že by se ložová vrstva dostatečně nechladila došlo by k destrukci (zapečení) trysek, výměníku a vybavení prostoru ohniště.
- Kompresorové stanice – dodávají dopravní vzduch pro další pomocné technologie a především tlakový vzduch pro ovládací prvky kotle (pneupohony atd.). V případě poruchy a ztráty tlaku dojde k neovladatelnosti prvků – spalovací zařízení nebude ovladatelné.
- Systémy pseudoprap a hydrodoprap – jsou systémy, které jsou pro provoz nezbytné a v některých případech přímo souvisí s procesem spalování. Zajišťují např. přívod aditiv do čištění spalin a především odvod popílků, strusky a škváry. V případě neexistence, nebo nefunkčnosti uvedených systémů by došlo k rychlému naplnění ohniště a zániku spalovacího procesu (případně nezahájení spalovacího procesu). Jejich fyzická zálohovatelnost přímo na kotli je dosti obtížná (spíše neproveditelná). Vhodným příkladem uvedeného systému je např. odvod popelovin z fluidního kotle a přímá závislost spalovacího procesu kotle na odvodu popelovin. Výška ložového materiálu, která rozhoduje o výkonu kotle, množství fluidizačního média a množství produkovaných spalin (resp. přebytku kyslíku) je regulována dvěma odběry (pseudoprapem do regulační síla s omezenou kapacitou a především pseudoprapem do aglomerační síla).

Kotle – Dynamika a regulace kotle

- **Regulace kotle** – zajišťuje optimální a účinný provoz, s nižším rozsahem lidské obslužnosti, udržení parametrů v požadovaných mezích, zvýšení životnosti zařízení a ochranu vůči abnormálním stavům. Pro splnění uvedeného je nutné znát dynamické vlastnosti kotle.
- **Dynamika parních kotlů** – dynamické vlastnosti regulované soustavy jsou sestaveny z celé řady sériově a paralelně řazených prvků představující jednotlivé významné vybavení kotle. Základními prvky jsou výměníky tepla, zásobníky, mlýny atd. Sledovány jsou zejména energetické a hmotové bilance, tlaky, teploty hladiny apod.
- **Dynamika průtoku** – sleduje se hmotová bilance při průtoku nádrží tzn. závislosti přítoku, odtoku a výšky hladiny. V případě čerpadel se dále zahrnuje charakteristika stroje a možnosti jeho řízení (otáčky, přetlak atd.) Současně je v dynamice průtoku zařazeno i navazující vybavení tzn. odporové charakteristiky výměníků, ventil atd.
- **Dynamika akumulace tepla** – sleduje se akumulace tepla v částech kotle. Jedná se především o výměníky. Akumulace tepla se projevuje především na stavových veličinách protékajícího média tzn. teplota, tlak. Dle typu pozice výměníku v kotli se dále dělí na jednofázové (ohřívací vody, ohřívací vzduchu, přehřívací apod.) a dvofázové (výparník, ohřívací vody). Dále se zohledňuje vliv poruch sekundární strany tzn. ohřívané látky.
- **Základní distribuované systémy řízení a regulace** -
 - **Regulace výstupní kvality a kvantity** - pro kotel se rozlišuje několik základních druhů regulace – regulace na konstantní tlak páry, regulace klouzavým tlakem případně regulace výkonem. Klouzavá regulace je většinou pomalejší (se zvyšujícím se tlakem roste akumulace tepla ve výparníku a přehřívací). Při regulaci na konstantní tlak akumulace tepla s rostoucím výkonem klesá (regulace na konstantní tlak je obtížnější v systémech společné sběrné – přetahování kotlů, pro řešení se zpravidla osvědčuje nadřazený regulátor). Hlavní poruchové členy v systému regulace jsou změny paliva a změny odběru páry.

Kotle – Dynamika a regulace kotle

- **Základní distribuované systémy řízení a regulace -**

- **Regulace kvality spalování bubnového kotle** - pro kotel zajišťují minimalizaci provozních nákladů a účinnou přeměnu energie při plnění okrajových podmínek (např. emisní limity). Jsou většinou rozděleny na další distribuované systémy, které může v případě potřeby ovládat nadřazený automat (tzn. automatický provoz). Jakost spalování je ovlivněna palivem a jeho přípravou (jemnost mletí), podtlakem v ohništi (nulový bod), u fluidních kotlů dále výškou vrstvy a distribucí spalovacích a fluidizačních médií. Ovlivnění a řízení jakosti spalování je zejména:

- Regulace vzduchu a paliva
- Regulace pára vzduch
- Regulace s použitím analyzátoru spalin (O_2 eko, nebo složitější systémy mapování teplotních kyslíkových polí atd.)

- **Regulace napájení bubnu** – zajištění kost .výšky v bubnu

- **Regulace emisních limitů**– dávkování aditiv v závislosti na plnění limitů

- **Regulace teploty přehřáté páry** – zajištění účinnosti cyklu a životnosti tlakových celků.

Využívá se zejména:

- Vstřikové chladiče
- Povrchové chladiče
- Obtokem spalin – (regulace zařazením obtoku spalin na ohřívák vody – snížení teploty na ohříváku)
- Změnou polohy plamene
- Recirkulací spalin do spodní části ohniště
- Výškou fluidní vrstvy

Kotle – Dynamika a regulace kotle

- **Základní distribuované systémy řízení a regulace -**
 - **Regulace kvality spalování průtočného kotle** – odlišnosti jsou především v obvodech regulace výkonu, napájení a teploty páry. Realizuje se jako více parametrické
 - **Regulace výkonu**
 - Tlak páry je regulován průtokem paliva a teplota páry průtokem napájecí vody.
 - Tlak páry je regulován tlakem napájecí vody a teplota páry průtokem paliva.
 - Výkon kotle je pak odvislý od změny tlaku vyvolaný poruchou na průtoku páry na odběru.
 - **Provozní zkušenosti**
 - Při sběrníkovém uspořádání je soustava celého zdroje více parametrická a v případě že na výrobně neexistuje jeden nadřazený regulátor (řídící mechanismus) pro celou výrobu, který rozděljuje zátěž mezi jednotlivé provozní soubory (nejlépe s prediktivním mechanismem) dochází k popsanému efektu přetahování při řízení na výstupní tlak kotle. Výstupní parametry páry kolísají a dochází k nežádoucím ztrátám odfuků pojistných ventilů nebo naopak nedostatku energie na kotelně při nízkém tlaku a současném vysokém průtočném zatížení kotle. Dílčím řešením pak může být regulace tlaku turbínou při odpovídajícím výkonové úrovni kotlů pro daný výkon. Nevýhodou řešení je částečná nevyužitelnost disponibilního výkonu turbíny.
 - Obvyklé provedení distribuovaných řídicích systémů kotle a dalších provozních technologií při současných požadavcích na regulaci z hlediska výroby neumožňují operátorovi postihnoutí všech parametrů spalování v optimálním rozsahu. Výhodou je pak využití nadřazeného řídicího systému s matematickým modelem, který umožňuje sledování a korekci parametrů spalovacího a výrobního procesu dle optimálního výpočtového modelu a provozních omezujících podmínek.