

Ing. Pavel Sedláček, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s., Most

Ověření receptury aditivovaného paliva na spalovacím zařízení s nižší teplotou spalování

Überprüfung der Rezeptur eines additivierten Brennstoffes auf der Verbrennungsanlage mit niedrigeren Verbrennungstemperatur

Wenn ein Brennstoff höheren Schwefelinhalt besitzt, können bei dessen Verbrennung SO₂-Emissionen entstehen in einer Menge, die den genehmigten Grenzwert einer entsprechenden Anlage überschreitet. Die Menge von SO₂-Emissionen kann unter bestimmten Bedingungen durch Zugabe von geeignetem Zusatz (Additiv) zum Brennstoff verringert werden. Für die Additivierung werden Kalkhydrat und Kalkstein eingesetzt. Im Falle der Additivierung sortierter Kohle – „Nuss 2“ müssen mehrere Faktoren verfolgt werden. Einerseits gibt es Problem einer Aufklebung des Additivs auf den ziemlich großen Kohlenkorn (bei Nuss 2 auf den Korn 10 bis 20 mm). In einem Idealfall soll auf dem Kohlenkorn eine kompakte Additivschicht entstehen. In der Vergangenheit wurde eine ganze Stoffpalette zum Aufkleben eines Additivs auf den Kohlenkorn überprüft. Am meistens erwiesen sich diese Stoffe wegen niedrige Adhäsion des Additivs zur Kohle nicht. Bei hohen Temperaturen gegen 1200°C kann Zersetzung der Additivierungsprodukte erfolgen und zu ihrer Wiederfreigabe in die Atmosphäre kommen. In Folge dessen kann sich die Wirkung des Additivs auch im Falle einer ausreichenden Additivstoffmenge nicht erweisen und der Emissionsgrenzwert SO₂ im Rauchgas kann überschritten werden. Ziel dieser Aufgabe war es, Einfluss der Brenntemperatur auf den Wirkungsgrad der Entschwefelung in Laborbedingungen zu überprüfen und andererseits die entwickelten Rezepturen additivierter Brennstoffe der Art Nuss 2 auf einer aufgetippten Anlage mit niedrigerer Brenntemperatur zu überprüfen.

Verification of additive fuel technology in combustion device at lower combustion temperature

If a fuel contains higher sulphur content, SO₂ emissions can be formatted at the amount exceeded limit acceptable for particular combustion device. The amount of SO₂ emissions can be reduced at specific conditions by an addition of suitable additive to fuel. Calcium hydrate and limestone are used as additives. In the case of high-rank coal (nut 2) treatment with additive it is necessary to consider some factors. At first it is a problem of additive sticking to relatively large coal grain (in the case of nut 2 to grain size 10 to 20 mm). In the ideal case a compact additive layer should form on coal grain. In past a large number of materials sticking additive layer to coal grain was verified. Generally the materials were not suitable by reason of low additive adhesion to coal. In the case of high temperatures around 1200°C it can result in product decomposition and in repeated SO₂ releasing into the atmosphere. As a consequence, even in the case of using a sufficient amount of additive, the additive influence doesn't need to come out and emission limit in waste gases can be exceeded. The intent of the task is both to verify a combustion temperature influence on desulphurization efficiency in laboratory conditions and to verify developed technologies of additive fuels of nut 2 type in select device at lower combustion temperature.

Проверка рецептуры адитированного топлива в системе сгорания более низкой температуры

Если топливо показывает более высокое содержание серы, могут в процессе его сгорания возникать эмиссии SO₂ свыше лимита разрешенного для конкретной установки сгорания. Количество эмиссий SO₂ можно в определенных условиях сократить прибавлением к топливу подходящей добавки (адитива).

В качестве адитива используется известковый гидрат и известняк. В случае присадки адитива к сортированному углю типа орех 2 надо принимать в учет несколько факторов. Это прежде всего проблема прилипания адитива к сравнительно крупному угольному зерну (в случае ореха 2 зерно размера 10 - 20 мм). В идеальном случае должен на угольном зерну возникнуть компактный слой адитива. В прошлом был проверен целый ряд веществ для прилипания слоя адитива на угольное зерно, однако в большинстве случаев такие вещества не оправдались из-за низкой адгезии адитива к углю. В случае высоких температур около 1200 °C может наступить разложение продуктов адитирования и повторное освобождение и выделение SO₂ в атмосферу. В результате того, даже в случае использования иначе достаточного количества адитива, его влияние не должно наступить и лимит эмиссий SO₂ в газах сгорания может быть превышен. Цель задания заключалась с одной стороны в проверке влияния температуры сгорания на КПД обессеривания в лабораторных условиях и с другой стороны в проверке разработанной рецептуры адитивированного топлива типа орех 2 на выбранной установке с более низкой температурой сгорания.

Ověření receptury адитивованého paliva na spalovacím zařízení s nižší teplotou spalování

Pokud palivo obsahuje větší obsah síry, může při jeho spalování docházet ke vzniku emisí SO₂ nad povolený limit pro dané spalovací zařízení. Množství emisí SO₂ lze za určitých podmínek omezit přidáním vhodné přísady (aditiva) k palivu. Pro aditivaci jsou používány vápenný hydrát a vápenec. V případě aditivace tříděného uhlí - ořechu 2 je nutno sledovat několik faktorů. Jednak je to problém nalepení aditiva na poměrně velké uhelné zrno (v případě ořechu 2 na zrno 10 až 20 mm). V ideálním případě by měla vzniknout na uhelném zrne kompaktní vrstva aditiva. V minulosti byla ověřena celá řada látek k nalepení vrstvy aditiva na uhelné zrno. Většinou se tyto látky příliš neosvědčily z důvodů nízké adheze aditiva k uhlí. V případě vysokých teplot okolo 1 200 °C může docházet k rozkladu produktů aditivace a k opětovnému uvolnění SO₂ do ovzduší. V důsledku toho se i v případě použití jinak dostatečného množství aditiva nemusí vliv aditiva projevit a emisní limit SO₂ ve spalinách může být překročen. Cílem úkolu bylo jednak ověřit vliv teploty spalování na účinnost odsiřování v laboratorních podmínkách a jednak ověřit vyvinuté receptury адитивованých paliv typu орех 2 na vytípaném zařízení s nižší spalovací teplotou.

Jedním z tříděných paliv, které produkuje MUS, a.s., je palivo označené v katalogu орех 2. Pokud toto palivo obsahuje větší obsah síry, může při jeho spalování docházet ke vzniku emisí SO₂ nad povolený limit pro dané spalovací zařízení. Množství emisí SO₂ lze za určitých podmínek omezit přidáním vhodné přísady (aditiva) k palivu. V minulých letech byly hledány cesty адитивации hnědého uhlí za účelem snížení emisí SO₂.

Pro адитивaci byly použity váпenný hydrát a váпенec. V případě адитивации tříděného uhlí - оřechу 2 je nutné sledovat několik faktorů. Jedním je problém nalepení адитива на poměrně velké uhelné zrno (v případě оřechу 2 на zrno 10 až 20 mm). V ideálním případě by měla vzniknout на uhelném zrne kompaktní vrstva адитива. V minulosti byla ověřena celá řada látek k nalepení vrstvy адитива на uhelné zrno. Většinou se tyto látky příliš neосvědčily z důvodů nízké adheze адитива к uhlí. Některé látky by byly v množství nutném k vytvoření pevného spoje zase finančně příliš nákladné.

V případě použití hydrátu navíc dochází i při použití lepivých látek k působení hydrátu na uhelná zrna a v důsledku toho ke štěpení uhelných zrn a vzniku nežádoucího podílu o zrnitosti pod 10 mm. Dalším problémem, který ohrožuje působení aditiv, je dle výsledků provedených spalovacích zkoušek i výše teploty ve spalovacím prostoru.

V případě vysokých teplot okolo 1200°C může docházet k rozkladu produktů aditivace a k opětovnému uvolnění SO₂ do ovzduší. V důsledku toho se i v případě použití jinak dostatečného množství aditiva nemusí vliv aditiva projevit a emisní limit SO₂ ve spalinách může být překročen. Proto bylo cílem úkolu „Ověření receptury aditivovaného paliva o₂ na spalovacím zařízení s nižší teplotou spalování“ jednak ověřit vliv teploty spalování na účinnost odsiřování v laboratorních podmínkách a jednak ověřit vyvinuté receptury aditivovaných paliv typu ořech 2 na vytípaném zařízení s nižší spalovací teplotou.

Vytípaní zařízení s nižší spalovací teplotou

Pro zkoušky bylo potřeba vybrat vhodné spalovací zařízení, ve kterém nebudou při spalování dosaženy tak vysoké teploty, které způsobí značné snížení účinnosti odsiřování v důsledku rozkladu produktů odsiřování.

Z předchozích zkoušek bylo známo, že problémy s účinností odsiřování nastávají při teplotách okolo 1200°C. Z výsledků některých laboratorních zkoušek se vzorky aditivovaného paliva lze předpokládat částečný rozklad produktu odsiřování při ještě nižších teplotách (pod 1100°C).

Při výběru vhodného zařízení pro provedení zkoušek nebyly k dispozici údaje o teplotách při spalování uhlí v různých spalovacích zařízeních.

Při zkouškách ve Výzkumném ekologickém centru v Ostravě na kotli Ling 25, kdy byla prováděna kontrola teploty ve spalovacím prostoru kotle, byla zjištěna teplota v ohništi nad retortou v rozmezí 947°C až 1027°C. Orientačně byla naměřena teplota v retortě okolo 1150°C. Navíc během zkoušek na kotli Ling 25 byl zjištěn dostatečný efekt odsiřování oproti kotli Varimatik, na kterém odsiřování během spalování stejného uhlí probíhalo s nižším stupněm odsiřování.

Snahou bylo tedy najít zařízení Viadrus Ling 25. Byl navázán kontakt se ZD Unhošť. Toto družstvo provozuje zkušební a předváděcí centrum kotlů firmy Viadrus v nedalekém Peklově. Na tomto pracovišti je instalován jednak kotel Viadrus U 22 a dále kotel Ling 25. Pracoviště slouží pro předvádění instalovaných kotlů, v kterých se topí převážně biomasou (v kotli Ling 25 dřevěnými peletami). Byla dohodnuta možnost provést spalovací zkoušky na kotli Ling 25. Pro účely zkoušky bylo nutné navařit příruby na kouřovod a upravit jeho délku tak, aby byly splněny podmínky měření emisí a obsahu tuhých znečišťujících látek. Všechny naše požadavky na tyto úpravy nám provozovatel ochotně splnil. Spotřeba hnědého uhlí při plném výkonu kotle by měla být podle prospektu cca 6,5 kg/hod.

Zajištění a úprava potřebného uhlí

Pro provedení spalovacích zkoušek na kotli Ling 25 v Peklově bylo potřeba zajistit neaditivované uhlí v množství cca 50 kg, dále dva typy aditivovaného uhlí ve stejném množství. Proto bylo objednáno cca 200 kg mosteckého hnědého uhlí typu ořech 2. Dodané uhlí bylo homogenizováno s využitím míchačky na beton. Homogenizace je znázorněna na obr. 1.

Po homogenizaci bylo uhlí rozděleno kvartováním na 4 díly. Jeden díl byl připraven pro zajištění laboratorních spalovacích zkoušek, další dva díly byly použity pro přípravu aditivovaných paliv a poslední díl byl napytlován jako čisté neaditivované uhlí pro spalovací zkoušku.

Aditivace vzorků pro spalovací zkoušky na kotli Ling 25

Pro spalovací zkoušku byly připraveny dva typy aditivovaného uhlí dle receptur uvedených v tab. 1, kde je uvedena receptura pro 50 kg, což bylo množství vzorku pro jednu spalovací zkoušku.

Tab. 1 Receptura v kg přidávaných příměsí na 50 kg uhlí

Vzorek č.	Vian Ultra	Vápenec	Voda	Hydrát
H	0,50	0,00	4,00	3,50
V	0,25	6,00	2,00	0,00

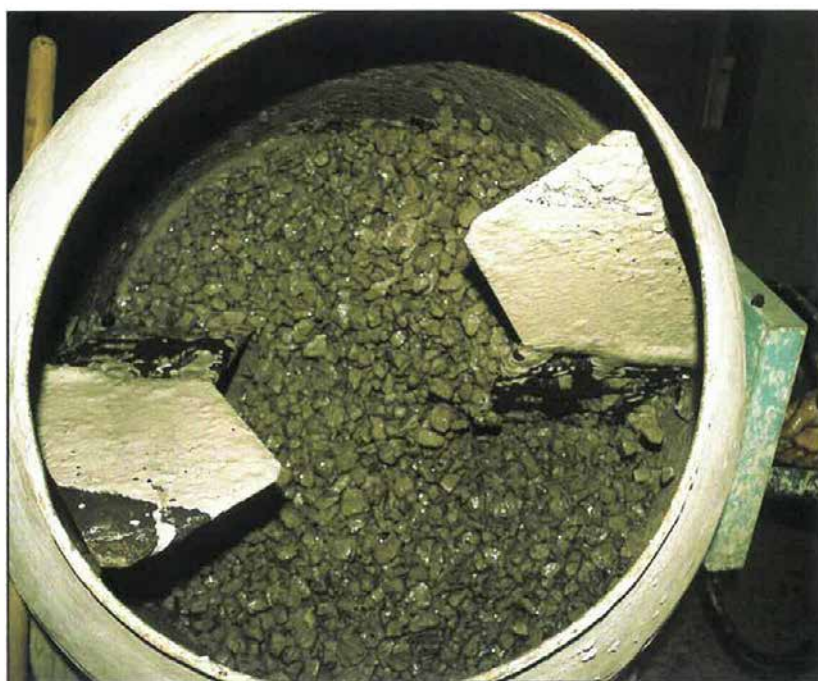
Vlastní příprava obou aditivovaných vzorků byla prováděna dle následujícího postupu. Nejdříve bylo do umělohmotného kbelíku odměřeno potřebné množství teplé vody a přidáno odvážené množství lepidla Vian Ultra Dry. Vrtačkou s míchacím nástavcem bylo lepidlo důkladně rozmícháno v teplé vodě. Potom byla postupně přidávána za opětovného míchání příslušná odsiřovací přísada (aditivum). Vian Ultra zde nevykonává jen funkci lepidla či pojiva, ale působí zároveň „ztekucení břechky“. Tím je možno při použití poměrně nízkého přídatku vody připravit směs obsahující značné množství aditiva. Ztekucená směs je navíc poměrně hutná a snadno vytvoří na povrchu uhlí poměrně celistvou vrstvu.

Do míchačky na beton bylo vsypáno 50 kg uhlí ořech 2. Po krátkém promíchání uhlí v míchačce byla postupně na uhlí v míchačce nalita ztekucená břechka. Tím se na povrchu uhelných zrn vytvořila poměrně souvislá a rovnoměrná vrstva nalepeného aditiva (viz obr. 2).

Potom byly vzorky aditivovaného uhlí vysypány z míchačky, ponechány k částečnému oschnutí a napytlovány. Pytle se vzorky byly označeny V nebo H, pytle s čistým uhlí byly označeny symbolem Č.



Obr. 1 Homogenizace uhlí v míchačce



Obr. 2 Nalepování vrstvy aditiva při míchání

Laboratorní spalovací zkoušky

Jako surovina pro laboratorní spalovací zkoušky byl použit jeden druh tříděného hnědé uhlí z produkce MUS, a.s., Most a to ořech o2.

Do zkušební laboratoře paliv, odpadů a vod VÚHU, a.s., Most bylo dodáno množství cca 50 kg ořechu o2.

Zkušební laboratoři byla provedena příprava vstupního hnědé uhlí pro laboratorní spalovací zkoušky. Poté byl dodaný vzorek hnědé uhlí (ořech o2) upraven homogenizací, sušením při zvýšené teplotě (do 30°C), s následným drcením a mletím. Uvedená úprava dodaných vzorků odpovídá normativním postupům ČSN 44 1304 Tuhá paliva – úprava vzorků uhlí a ČSN 44 1313/2 Tuhá paliva – úprava vzorků pro stanovení obsahu vody a obecný rozbor. Zkušební laboratoř paliv, odpadů a vod provedla úpravu dodaného vzorku hnědé uhlí až na zrnění pod 0,2 mm, tj. analytický vzorek, aby byla zaručena jeho homogenita a tedy reprodukovatelnost a reprezentativnost výsledků provedených spalovacích zkoušek. Úprava dodaného vzorku tříděného hnědé uhlí (ořech o2) až na vzorek analytický byla provedena s ohledem na skutečnost, že v laboratorních podmínkách by bylo obtížné pracovat s původním vzorkem hnědé uhlí a bylo přitom dosaženo reprezentativních výsledků spalovacích zkoušek. Hmotnost připravených dílčích vzorků, použitých k aditivaci, včetně navážky aditiv je relativně nízká a v případě původních nebo laboratorních vzorků (tj. vzorků zrnitosti pod 3 mm) by negativně ovlivňovala výsledek spalovacích zkoušek.

Kvalita homogenizace upraveného analytického vzorku ořechu o2 byla kontrolována stanovením obsahu veškeré síry S_t^d (v sušině) na analyzátoru LECO u 10 namátkově odebraných dílčích vzorků z dodaného produktu. Současně bylo provedeno stanovení obsahu veškeré síry S_t^d certifikovaného referenčního materiálu (CRM), aby byla deklarována správnost výsledků. Zároveň zkušební laboratoř provedla kontrolně stanovení obsahu popela podle ČSN 44 1378. Obsah popela je rozhodčí kvalitativní hodnotou uhlí. Ze získaných výsledků bylo patrné, že homogenita upraveného analytického vzorku je dostatečná, neboť odchylky ve zjištěném obsahu síry a popela v podstatě odpovídaly normativní hodnotě opakovatelnosti metody stanovení, tj. 0,05 % hmot. S_t^d a 0,5 % hmot. A^d .

Následně byl proveden základní technologický rozbor produktu, tj. ořechu o2, upraveného na analytický vzorek, který zahrnuje stanovení obsahu vody analytické W^a , obsahu popela A^d , obsahu veškeré síry S_t^d , stanovení spalného tepla a výhřevnosti Q_i^d . Tento základní technologický rozbor je možno považovat za základní charakteristiku všech dílčích vzorků, připravených k aditivaci. Současně byl proveden chemický rozbor popela, tj. stanovení majoritních prvků v popelu, bylo provedeno stanovení tavitelnosti popela dodaného hnědé uhlí (o2) a stanovení forem síry, tj. stanovení obsahu síry pyritové, síranové a organické. Výše uvedené rozborů byly provedeny podle odpovídajících normativních postupů pro tuhá paliva.

Tab. 2 Základní charakteristika vstupní suroviny, tj. o2, pro aditivaci

	Ořech o2
Parametr	Výsledek stanovení
Obsah vody anal. W^a (% hm.)	15,03
Obsah popela A^d v sušině (% hm.)	5,11
Obsah veškeré síry S_t^d v sušině (% hm.)	1,57
Spalné teplo Q_s^d v sušině (MJ/kg)	30,90
Spalné teplo Q_s^{daf} v hořlavině (MJ/kg)	32,57
Výhřevnost Q_i^d v sušině (MJ/kg)	29,74
Výhřevnost Q_i^{daf} v hořlavině (MJ/kg)	31,34
Tavitelnost popela (°C)	
t_A	1199
t_B	1362
t_C	1387

Tab. 3 Chemický rozbor popela

Vzorek	Obsah oxidu (% hmot.)										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅
O2	38,26	3,10	27,39	22,72	0,04	0,80	4,82	1,50	0,80	0,89	0,58

Tab. 4 Výsledky stanovení forem síry

Označení vzorku	Formy síry (% hmot.)			
	$S_{síránová}$	$S_{pyritová}$	$S_{organická}$	$S_{veškerá}$
O2	0,01	0,94	0,62	1,57

K přípravě aditivovaných vzorků paliva pro laboratorní spalovací zkoušku byla použita následující aditiva:

- vápenec
- vápenný hydrát

Byla provedena homogenizace a úprava všech vstupních surovin pro aditivaci na zrnění pod 0,2 mm.

U aditivovaných dílčích vzorků, připravených s obsahem 6 % hmot. vápenného hydrátu a 12 % hmot. vápence, bylo provedeno jejich spalování v muflové peci za kontrolovaných podmínek při teplotách 1000 – 1200°C do konstantní hmotnosti. Dílčí aditivované vzorky byly nejdříve vysušeny v sušárně při teplotě 105 – 110°C do konstantní hmotnosti.

Vysušené aditivované dílčí vzorky byly potom žihány v muflové peci při teplotě 1000, 1050, 1100, 1150 a 1200°C s postupným nárůstem teploty a s časovou (30 min.) prodlevou při teplotě 700°C. Celková doba žihání aditivovaných dílčích vzorků byla 10 hodin. Po ukončení žihání a vychladnutí popela byla provedena vizuální kontrola případných nespálených částic. V takto získaném popelu jednotlivých vzorků byl stanoven celkový obsah síry S_t^d metodou Eschka podle ČSN 44 1379, obsah celkového a volného CaO a tavitelnost popela. Výsledky jsou uvedeny v tab. 5 a 6.

Tab. 5 Obsah síry S, celkového a volného CaO v popelu aditivovaných vzorků

Poř.č. vzorku	Ořech o ₂ (% hm.)	Vápenný hydrát/vápenec (%hm)	Teplota žhání * (°C)	S v popelu (% hm.)	CaO celk. v popelu (%hm.)	CaO volný v popelu (%hm.)
0	100	-		0,36	4,82	-
1	100	6	1008	7,36	44,86	5,66
2	100	6	1054	7,04	47,10	5,21
3	100	6	1102	4,49	49,90	5,27
4	100	6	1152	1,22	49,35	4,49
5	100	6	1178	0,94	51,87	3,42
6	100	12	1008	5,02	48,50	8,41
7	100	12	1054	6,62	47,74	5,27
8	100	12	1102	5,38	48,88	4,94
9	100	12	1152	4,01	48,80	4,15
10	100	12	1178	3,10	49,35	5,27

* skutečně dosažená teplota žhání v muflové peci

Z výsledků obsahu síry v popelu aditivovaných vzorků, uvedených v předchozí tabulce vyplývá, že s rostoucí teplotou žhání aditivovaných vzorků ořechu o₂ klesá obsah síry v popelu těchto vzorků.

Pro každou teplotu žhání, resp. spalování aditivovaných dílčích vzorků byla kontrolně stanovena tavitelnost popela, aby byl zjištěn vliv aditiv a spalovací teploty na případnou spékavost aditivovaných vzorků.

Tab. 6 Výsledky tavitelnosti popela v oxidační atmosféře

Poř.č. vzorku	Teplota (°C)		
	T _A (°C)	T _B (°C)	T _C (°C)
1	1210	1412	1433
2	1207	1391	1416
3	1188	1377	1399
4	1232	1412	1452
5	1225	1408	1461
6	1231	1407	1441
7	1245	1444	1459
8	1217	1437	1492
9	1211	1430	1465
10	1198	1400	1430

Vyhodnocení laboratorních spalovacích zkoušek

Byly provedeny laboratorní spalovací zkoušky aditivovaných dílčích vzorků paliva, připravených z jednoho druhu hnědého uhlí, tj. ořechu o₂, se stejným obsahem vápence (12 % hmot.) a vápenného hydrátu (6 % hmot.)

Z výsledků obsahu síry v popelu aditivovaných vzorků vyplývá, že s rostoucí teplotou žhání aditivovaných vzorků ořechu o₂ klesá obsah síry v popelu těchto vzorků. Klesání obsahu síry je různé pro různá aditiva. Z laboratorního hlediska se jeví jako výhodnější aditivum vápenec.

Provozní spalovací zkoušky na kotli Viadrus Ling

Vzorky s uhlím pro spalovací zkoušky byly převezeny do Peklova. Zde je instalován kotel Viadrus Ling 25 (obr. 3). Hlavní části teplovodního automatického kotle, vycházejícího z principu spodního přikládání paliva, je kotlové těleso svařované z ocelových kotlových plechů. Kotel umožňuje spalování černého uhlí, hnědého uhlí a biomasy v podobě pelet. Výrobce udává při provozu na uhlí jmenovitý výkon 25 kW a při provozu na dřevěné pelety jmenovitý výkon 22 kW.

Pod výměníkem je umístěno spalovací zařízení, které je tvořeno litinovým roštem, keramickým stabilizátorem, retortou, tzn. litinovým kolenem pro přísun paliva a směšovačem vzduchu. Keramický stabilizátor směřuje hoření, snižuje úletovou prašnost, odráží teplo zpět do hořáku a napomáhá tak k dokonalejšímu spalování. Litinové koleno pro přísun paliva je opatřeno otvory pro vyrovnávání tlaku spalovacího vzduchu uvnitř retorty, čímž zabraňuje prošlehnutí plamene při procesu hoření.

Pod spalovací komorou je popelník. Vedle kotle je umístěna násypka, která ústí do šnekového podávacího zařízení. Ventilátor pro dodávku primárního spalovacího vzduchu je umístěn před násypkou a je připojen na směšovač. Škrtkací klapkou na ventilátoru je možno regulovat množství spalovacího vzduchu.

Spalovací zkoušky byly prováděny 6. a 7. 12. 2001. Po připojení měřicího vozu a instalaci měřících přírub byla prováděna první den spalovací zkouška neaditivovaného (čistého) uhlí. Pro zajištění stabilních podmínek bylo u kotle nastaveno a seřízeno dávkování paliva a přísun vzduchu. Tyto parametry nebyly měněny po dobu spalování všech tří vzorků.

Měření teploty ve spalovacím prostoru nebylo možné provádět kontinuálně. K dispozici byl pouze optický pyrometr, kterým byla orientačně měřena teplota před zahájením a po skončení měření každého vzorku.

Nejdříve bylo v kotli Ling 25 spalováno čisté uhlí bez přísadků odsiřovacího aditiva. Při spalování tohoto uhlí byla z naměřených hodnot určena střední hodnota koncentrace SO₂ ve spalínách **2508,8 mg/m³**. Tato hodnota je na hranici limitu koncentrace, který činí 2500 mg/m³. Tato hodnota se dala očekávat, jelikož při prvotním rozboru uhlí byl zjištěn obsah síry 1,57% S^d, který tuto koncentraci SO₂ ve spalínách podle dlouhodobých zkoušek předpokládá. Naměřené minimum koncentrace SO₂ činí 2369,6 mg/m³ a naměřené maximum 2622,5 mg/m³. Teplota naměřená optickým pyrometrem se pohybovala okolo 1150 až 1160 °C. Lze však jen obtížně určit, zda byla měřena teplota plamene nebo teplota popela v retortě. Protože nejvyšší teplota je dosahována dle kontrolních měření teploty v Ostravě právě v retortě (teplota



Obr. 3 Kotel Viadrus Ling 25



Obr. 4 Plamen při spalování čistého uhlí

dohořívajícího uhlí a popela), lze předpokládat, že naměřená teplota optickým pyrometrem odpovídá právě této nejvyšší teplotě.

Dalším spalovaným vzorkem bylo uhlí aditivované vápencem. Při spalování tohoto uhlí byly hodnoty emisí výrazně sníženy ve srovnání se spalováním čistého uhlí, byla určena střední hodnota koncentrace SO_2 ve spalínách **1744,7 mg/m³**. Naměřené minimum koncentrace SO_2 činí 1596,0 mg/m³ a naměřené maximum 1986,9 mg/m³. Z těchto výsledků prokazatelně vyplývá poměrně účinné působení vápence jako odsiřovací přísady, což vede k významnému snížení emisí SO_2 . V důsledku působení vápence došlo k snížení hodnoty emisí cca o 30% proti spalování čistého uhlí. Optickým pyrometrem byla naměřena teplota cca 1130 až 1150°C, tedy mírně nižší než při spalování čistého uhlí.

Posledním spalovaným vzorkem bylo uhlí s přísadou vápenného hydrátu. Při spalování tohoto uhlí se objevily výkyvy u emisí SO_2 . Z naměřených hodnot byla určena střední hodnota koncentrace SO_2 ve spalínách **2327,9 mg/m³**. Tato průměrná hodnota je mírně nižší (o cca 7 %) než hodnota stanovená při spalování čistého uhlí. Naměřené minimum koncentrace SO_2 činí 1947,6 mg/m³ a naměřené maximum 2548,8 mg/m³.

Závěr

V minulých letech byly hledány cesty aditivace hnědého uhlí za účelem snížení emisí SO_2 . Jako účinná aditiva se chovají látky na bázi vápníku. Ověřovány byly vápenný hydrát a vápenec. V případě vysokých teplot okolo 1200°C může docházet k rozkladu produktů aditivace a k opětovnému uvolnění SO_2 do ovzduší. V důsledku toho se i v případě použití jinak dostatečného množství aditiva nemusí vliv aditiva projevit a emisní limit SO_2 ve spalínách může být překročen. Proto bylo cílem úkolu „Ověření receptury aditivovaného paliva o2 na spalovacím zařízení s nižší teplotou spalování“ jednak ověřit vliv teploty spalování na účinnost odsiřování v laboratorních podmínkách a jednak ověřit vyvinuté receptury aditivovaných paliv typu ořech o2 na vytípaném zařízení s nižší spalovací teplotou.

Byly provedeny laboratorní zkoušky s jednotlivými typy aditiv, které jednoznačně prokázaly, že s rostoucí teplotou žíhání aditivovaných vzorků ořechu o2 klesá obsah síry v popelu těchto vzorků. Klesání obsahu síry je různé pro různá aditiva. Při spalování aditivovaného vzorku vápencem zůstává v popelu podstatně větší množství síry než je tomu v případě použití aditivovaného vzorku hydrátem. Z laboratorního hlediska se tedy jeví vápenec jako výhodnější aditivum.

Tento výsledek bylo nutné ověřit v praxi na provozních spalovacích zkouškách. Byly proto provedeny spalovací zkoušky na kotli Viadrus Ling o jmenovitém výkonu 25 kW. Tyto provozní spalovací zkoušky jednoznačně potvrdily výsledky laboratorních zkoušek, když při spalování aditivovaných vzorků bylo dosaženo vyššího stupně odsiřování při použití vápence.