

SÍRA PŘI ZPLYŇOVÁNÍ UHLÍ

MILOSLAV HARTMAN, KAREL SVOBODA,
OTAKAR TRNKA a VÁCLAV VESELÝ

Ústav chemických procesů, Akademie věd České republiky,
Rozvojová 135, 165 02 Praha 6–Suchbát

Došlo dne 22.VII.1998

Klíčová slova: síra v uhlí, zplyňování, odsířování energetického plynu

Obsah

1. Úvod
2. Pohled do historie
3. Principy zplyňování, složení fosilního paliva a nástřiku do zplyňovacího generátoru, složení energetického plynu
4. Sírné sloučeniny v uhlí
5. Redistribuce síry v redukčním prostředí
6. Závěr

1. Úvod

Při současné snaze o zvýšení energetické účinnosti tepelných elektráren se jeví jako slibné tlakové procesy¹, u nichž je parní turbina kombinována s turbinou plynovou. Jedná se o tzv. IGCC systémy (Integrated Gasification Combined Cycles), založené na tlakovém zplyňování paliva (uhlí, biomasa různého původu aj.) s použitím kyslíku nebo vzduchu (příp. vodní páry) za tlaku 20–30 bar a teplotě 800–1200 °C. Hlavními spalitelnými složkami vzniklého energetického (generátorového, palivového, uhelného) plynu jsou vodík, oxid uhelnatý, methan a řada dalších uhlovodíků. Po mírném ochlazení (na 500–700 °C) prochází generátorový plyn čistícími operacemi a následně je spálen v komoře spalovací turbíny. Spaliny dále expandují v plynové turbíně a jejich tepelného obsahu se využívá ve výrobě páry.

Činnost plynových turbin je nepříznivě ovlivňována roznožími problémy, vyvolávanými za vysokých teplot zejména sírnými sloučeninami a prachem. Z řady důvodů je také nežádoucí přítomnost alkálií, amoniaku, oxidů dusíku aj.

Komerčních technologií pro účinné odsíření palivového plynu je celá řada^{2,3}. Jsou založeny na mokré vypírce, a proto jsou většinou provozovány při teplotách kolem 120 °C a nižších. Takto se sice s nežádoucími plynnými složkami zároveň odstraní i zbytky velmi jemných prachových podílů, ale je zřejmé, že kapalinová absorpce, nutně probíhající při nízkých teplotách, zásadně snižuje energetickou účinnost celého procesu. Tento aspekt vyvolává delší dobu zájem o vývoj takových odsířovacích procesů, jež jsou účinné při vysokých teplotách.

Cílem této studie je podat přehled základních reakcí sírných sloučenin v uhlí v průběhu zplyňování, které jsou vý-

znamné také z pohledu vysokoteplotního odsířování generátorového plynu.

2. Pohled do historie

První pokusy vyrobit z uhlí plyné hořlavé produkty byly učiněny⁴ v Evropě již v druhé polovině 18. století. Plyn, připravený skotským inženýrem suchou destilací (pyrolýzou) uhlí v železné retortě, byl v r. 1792 použit ke svícení. První městská plynová osvětlení byla zavedena v Londýně (r. 1812) a v Baltimore (r. 1816). Širokého použití však uhelný plyn doznal teprve vynálezem Bunzenova hořáku v r. 1855.

Již od raných počátků karbonizace a zplyňování uhlí byl nastolen požadavek, aby před distribucí byly ze surového plynu odstraněny sírné sloučeniny. Surový plyn obsahoval 0,7–1 obj. % sirovodíku a menší množství dalších sírných sloučenin. Tak např. ve Spojených státech předpisy vyžadovaly, aby distribuovaný plyn obsahoval méně než 5 ppm sirovodíku (tj. méně než 5.10⁻⁴ obj. %). Hlavními důvody pro čištění plynu byla koroze potrubního systému a obtížný zápach sirovodíku. Je zajímavé, že jak tehdy, tak i dnes náklady na čištění plynu představují přibližně polovinu jeho celkových výrobních nákladů.

Hydroxid vápenatý byl použit jako tuhý sorbent sírných sloučenin v Anglii již v r. 1809. Ukázalo se však, že působením oxidu uhličitého ze vzduchu se spotřebovaný vápenatý sorbent, deponovaný na skládkách rozkládal a uvolňoval se páchnoucí sirovodík. Z tohoto důvodu, a hlavně vzhledem k možnosti recyklace (regenerace) sorbentu byla v r. 1849 vyvinuta a prakticky využívána technologie založená na sorpci H₂S ze směsi plynu a vzduchu hydratovaným oxidem železitým při 40–45 °C za vzniku oxid-sulfidu železa⁵.

Regenerace sorbentu se prováděla vzduchem a v důsledku jejího exotermního charakteru mohlo dojít i k roztavení vsádky.

Roku 1880 zahájili Claus a Hill průkopnickou práci na procesu^{5,6}, jenž konvertoval plynný sirovodík na elementární síru podle základních reakcí:



Hlavním podnětem pro vývoj Clausova procesu byly vysoké nároky na plochu spojené s aplikací technologie s oxidem železitým. Ačkoliv od zavedení Clausova procesu uplynulo již více než sto let, je tato technologie používána v téměř nezměněné podobě dodnes.

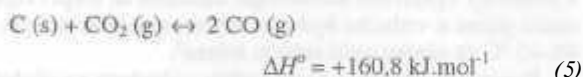
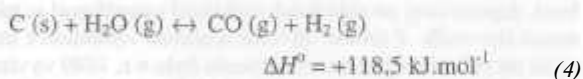
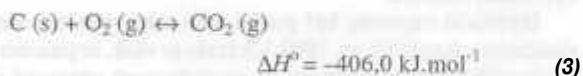
V úsilí o úplnou konverzi uhlí na spalitelný plyn byla vyvinuta Winklerova (v r. 1922) a Lurgiho (v r. 1931) technologie zplyňování⁴. Ve srovnání s původními procesy však byly investiční náklady na tyto nové procesy mnohem vyšší.

Je zajímavé, že to byla právě Winklerova technologie, která byla v r. 1926 vůbec poprvé použita⁷ v průmyslovém měřítku (12 m² x 13 m, fluidní vrstva pro kontaktování plynu s touhou látkou).

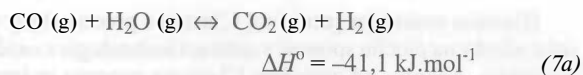
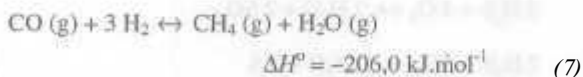
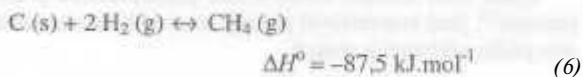
Výše zmíněné průkopnické práce poskytly jak základy, tak i stimulaci pro další výzkum a vývoj. Až do nedávné doby se předpokládalo, že palivový (uhelný) plyn bude dodáván k dalšímu využití při normální teplotě. V současné době je patrná všeobecná shoda, že jak účinnost, tak i investiční náklady energetických komplexů jsou příznivě ovlivněny, jestliže je palivový plyn odsířen (vyčištěn) pokud možno bez předchozího ochlazení na nízkou teplotu. První pokusy o vysokoteplotní odsířování spadají do konce padesátých let. V r. 1948 bylo patentováno použití směsi oxidů mědi, zinku a olova jako sorbentů pro sirlé sloučeniny^{8,9}. Sorpce probíhala při teplotách do 550 °C, spotřebovaný sorbent byl regenerován směsí vzduchu a vodní páry při 370–540 °C. Tuhými sorbenty pro vysokoteplotní odsířování horkého generátorového plynu se podrobně zabývá naše předchozí práce¹⁰.

3. Principy zplyňování, složení fosilního paliva a nástřiku do zplyňovacího reaktoru, složení energetického plynu

Proces zplyňování uhlí je reprezentován souborem reakcí mezi uhlím, kyslíkem (vzduchem) a vodní parou. V plynném produktu převládají oxid uhelnatý a vodík (nebo dusík) s menšími podíly vodní páry, oxidu uhličitého a methanu. Chemických reakcí probíhá při zplyňování uhlí velký počet, k hlavním z nich, které ovlivňují prakticky významné rovnováhy patří např.



(Boudouardova reakce)



(WGS (Water-Gas-Shift) reakce)

Zplyňování tuhých paliv je mnohosložkový a vícestupňový proces, ve kterém se vedle dominantních reakcí mezi tuhou (zplyňovanou) fází a plynnou (zplyňující) fází uplatňují také reakce homogenní, zejména v plynné fázi^{9,11}. Chemismy spalování a zplyňování nejsou v zásadě odlišné, liší se hlavně rozsahem dílčích pochodů. Z technologického pohledu je důležité, aby byl celkový proces tepelně samonosný (autotermní), a to za podmínek zajišťujících potřebnou celkovou rych-

lost procesu. Rychlosti reakcí (3)–(7a) jsou velice rozdílné. Vztah mezi rychlostmi reakcí (3)–(5) a (6) lze přibližně vyjádřit poměry $10^5 : 3 : 1 : 10^{-3}$ (cit.^{11,12}). Jak chemické reakce uvedené výše již naznačují, rovnovážné podíly oxidu uhelnatého a vodíku se v energetickém plynu zvětšují s rostoucí teplotou a klesají zvýšením tlaku. U tvorby methanu se vlivy teploty a tlaku uplatňují ve směru opačném.

Technicky se kontakt upraveného uhlí s přehřátým zplyňovacím médiem (nejčastěji směs kyslíku a vodní páry, příp. směs vzduchu a vodní páry) v tlakových (2–5 MPa) či beztlakových (0,1 MPa) generátorech realizuje při 800–1700 °C v sesuvné, fluidní nebo unášené vrstvě. Uhlí jako přírodní materiál se vyznačuje velice širokou variabilitou nejen chemického složení, ale i silně rozdílnými vlastnostmi fyzikálními (např. pórovitost a spékavost). Obsahuje též anorganické látky jako SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 aj., které mohou mít katalytické účinky. Tyto a další skutečnosti se uplatňují při technologické realizaci zplyňovacího procesu.

Mezi hlavní pracovní proměnné, které ovlivňují částečnou oxidaci patří: elementární složení fosilního paliva, relativní množství vzduchu (kyslíku) a vodní páry, tlak a teplota. Pro konkrétní systém nejsou tyto pracovní parametry na sobě nezávislé. Tak např. teplota plynného produktu závisí na výhřevnosti paliva a množstvích použitého vzduchu či kyslíku a páry.

Výpočet chemických rovnováh ve složitých heterogenních reakčních systémech je značně usnadněn využitím principu minimalizace volné energie daného systému^{13–15}. Ve srovnání s tradičním postupem přes rovnovážné kontanty jednotlivých reakcí (stechiometrický postup) je tento novější přístup zvláště výhodný, je-li počet reakčních složek veliký. Po stránce výpočetní odpadá většinou nesnadný problém řešit soustavu nelineárních rovnic (stechiometrický postup) a hledá se bod minima celkové Gibbsovy energie směsi na množině bodů splňujících podmínky látkové bilance (nestechiometrický postup). Je třeba znát pouze elementární složení směsi a nutno specifikovat reakční složky přítomné v rovnovážném stavu. Nezbytným požadavkem je znalost Gibbsových funkcí (termodynamická data) pro jednotlivé čisté složky, jejichž existence se předpokládá. Tato data jsou většinou v literatuře dostupná (např. cit.^{16–18}). Vlastní výpočet spočívá v nalezení takové kombinace složení plynné a tuhé fáze při konstantní teplotě a tlaku, kdy celková Gibbsova energie systému je minimální.

Otázka, jaký je vztah mezi vypočteným rovnovážným složením reakční směsi a jejím složením skutečným, zůstává většinou otevřená. Vedle kinetických faktorů je nutno kriticky zvažovat i případný vliv různých transportních procesů, který může být značný. V mnohých vysokoteplotních pochodech, kdy se brzdící efekt transportních procesů podařilo eliminovat, jsou chemické reakce natolik rychlé, že skutečné složení produktu je blízké složení rovnovážnému.

Složení charakteristického paliva (uhlí) s vysokým obsahem síry je uvedeno v tabulce I zároveň se složením nástřiku (palivo + vzduch + vodní pára). Tato směs odpovídá molárnímu poměru ke vzduchu 0,36 a obsahuje 56 % z množství kyslíku potřebného k úplnému spálení paliva. V tomto množství je vedle vzdušného kyslíku zahrnut i kyslík ve vodní páře. Uvedené vztahy, teplota 1250 °C a tlak 2 MPa aproximují pracovní podmínky plynových generátorů třetí generace¹⁴.

Zastoupení hlavních složek v rovnovážné výstupní směsi plynů je uvedeno v tabulce II. Podle očekávání jsou nejvíce

Tabulka I

Elementární analýza sirnatého uhlí a nástřiku do zplyňovacího reaktoru (molární poměr vodní páry ke vzduchu je 0,36, složení odpovídá 56 % celkového kyslíku, potřebného k úplnému spálení) (cit.^{13,14})

Složka	Uhlí (hm. %)	Nástřik do reaktoru ^a (at. %)
Vodík	5,3	30,1
Uhlík	68,5	15,8
Kyslík	8,5	18,6
Dusík	1,4	35,1
Síra	4,1	0,4
Popel	12,2	-

^a Vztaženo na základ bez popelu

Tabulka II

Rovnovážné a skutečné složení energetického plynu^{13,19}

Složka	Vypočtené rovnovážné složení pro nástřik v tab. I (1250 °C, 2 MPa) obj. %	Typické složení při zplyňování O ₂ + H ₂ O ^a obj. %
Dusík	36,14	0,5
Oxid uhelnatý	30,80	44,6
Vodík	26,40	35,7
Vodní pára	4,12	-
Oxid uhličitý	1,77	18,0
Sirovodík	0,72	1,1
Sulfid karbonylu	0,02	~ 0,1–0,01
Methan	0,02	0,1
Amoniak	0,003	-
S	99,993 ^b	-

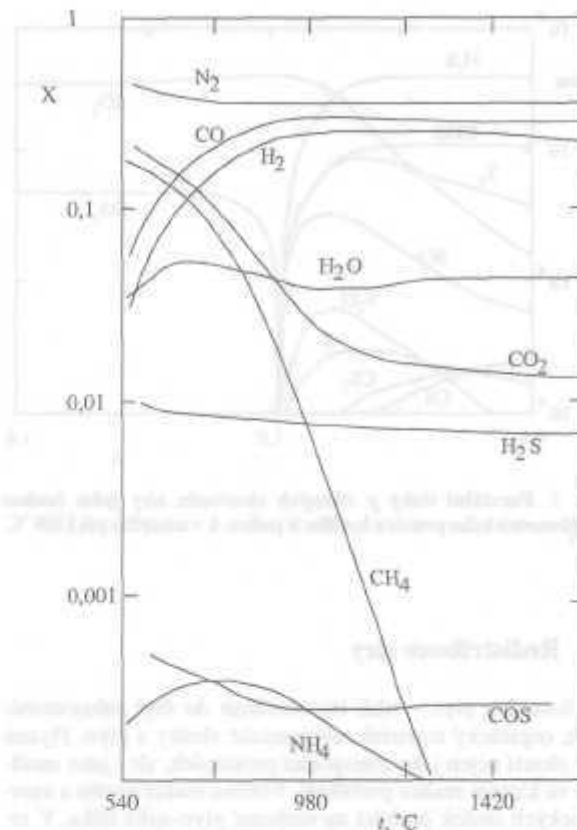
^a Složení nástřiku není známo, vztaženo na suchý plyn, ^b Koncentrace všech ostatních uvažovaných složek byly nižší než 10⁻³ objem. %

zastoupeny dusík, oxid uhelnatý a vodík. Více než 99 % celkové síry přítomné v palivu je konvertováno na sirovodík a sulfid karbonylu¹³.

V tabulce II je pro ilustraci uvedeno také skutečné složení typického energetického plynu. Vzhledem k rozdílnému palivu a nestejným reakčním podmínkám nelze učinit bližší porovnání. Je však zřejmé, že v reálném plynu je významně zastoupen i oxid uhličitý. Z obr. 1 jsou patrné velmi nízké rovnovážné koncentrace methanu a amoniaku při teplotách vyšších než 1250 °C.

4. Sirné sloučeniny v uhlí

Síra přítomná v uhlí se tradičně dělí do dvou skupin: na anorganickou a organickou síru. Síra anorganická se vyskytuje ve formě disulfidů a síranů, síra organická je síra vázaná



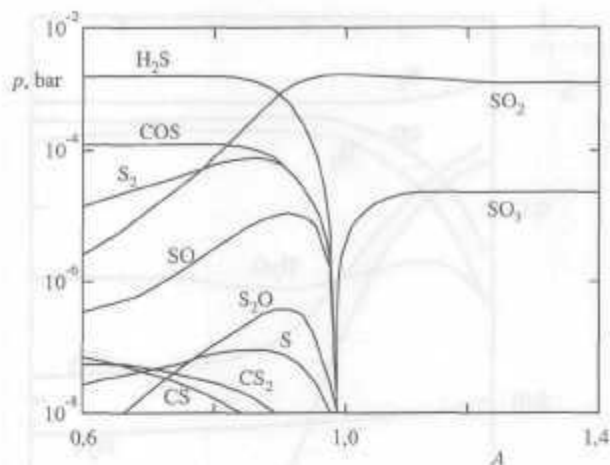
Obr. 1. Vliv teploty na rovnovážné složení energetického plynu (mol. zlomek X, tlak 2 MPa, složení nástřiku je uvedeno v tabulce I)

v uhlovodíkové matici. „Celkovou“ sírou obvykle rozumíme množství odpovídající oxidu siřičitému uvolněnému při spálení daného vzorku.

Celkový obsah síry v uhlí se pohybuje v rozsahu 0,2–11 hm. %, nejčastěji potom mezi 1 a 3 hmot. %. Většina síry se vyskytuje ve formě FeS₂. Množství organické síry obvykle činí 30–50 % síry celkové. Zastoupení síry síranové je většinou nižší než 0,1 hm. % a není příliš významné.

Disulfid FeS₂ se vyskytuje ve dvou krystalických formách - nejčastěji jako pyrit (kubický), případně jako markazit (rombický). V menší míře se v uhlí vyskytuje minerál pyrrotit (Fe₇O₈S). Pyrit se obvykle nalézá ve formě volných, drobných krystalů. Vzhledem k velmi rozdílným hustotám pyritu (5000 kg.m⁻³) a organického materiálu (1200–1500 kg.m⁻³) je možno velký podíl pyritu odstranit z uhlí např. odstředováním nebo flotací²⁰. Separace je tím lepší, čím je menší rozměr částic rozdrčeného paliva.

Síranová síra se vyskytuje hlavně ve formě volných krystalů síranů vápníku a železa. U organické síry se má za to, že se vyskytuje jako dvojmočná a je rozptýlena v organické matici. Vzhledem k experimentálním potížím je údajů pocházejících z nedestruktivních analýz uhlí velmi málo. Dosavadní odhady naznačují, že 40–70 % organické síry v bituminózních uhlích je ve formě thiofenů a zbytek tvoří arylsulfidy, cyklické a alifatické sulfidy v poměru přibližně 3:2:1 (cit.²⁰). V lignitech mohou být významně zastoupeny disulfidy a thioly.



Obr. 2. Parciální tlaky p různých sloučenin síry jako funkce stechiometrického poměru kyslíku k palivu A v nástřiku při 1100 °C, cit.²⁵

5. Redistribuce síry

Soustavu plyn - uhlí lze rozčlenit do čtyř subsystémů: pyrit, organický materiál, anorganické složky a plyn. Plynná fáze slouží nejen jako transportní prostředek, ale i jako médium, ve kterém reakce probíhají. Většina reakcí pyritu a anorganických složek probíhá na rozhraní plyn-tuhá látka. V redukčním prostředí tyto reakce zahrnují vodík, oxid uhelnatý a sirovodík, v oxidačním prostředí především kyslík a oxid siřičitý.

Při teplotách nad 550-600 °C probíhá rychlá rozkladná reakce pyritu²¹



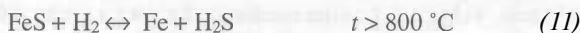
doprovázená „polymerizační“ reakcí elementární síry



Vodík v plynné fázi reaguje s krystaly pyritu podle



a



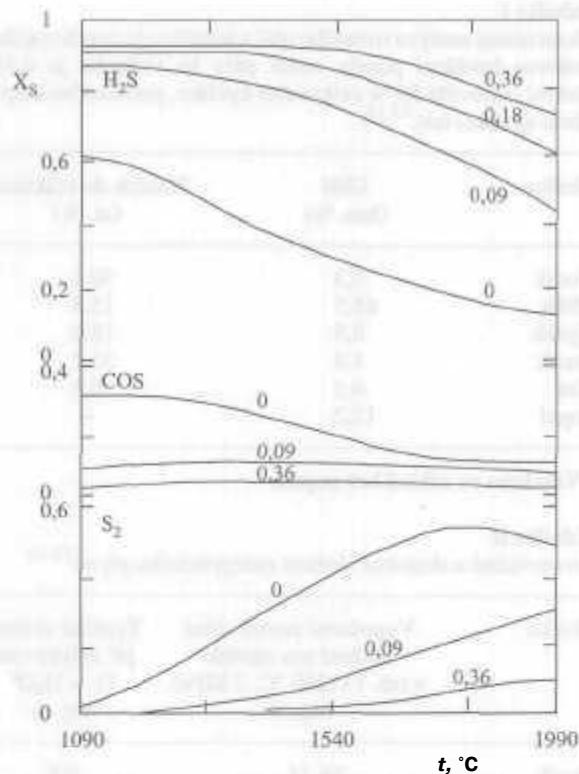
Reakce oxidu uhelnatého s pyritem vede k sulfidu karbonylu



Při teplotách vyšších než 1000 °C se uplatňují i redukční účinky uhlíku



V oxidačním prostředí a při vysokých teplotách pyrit



Obr. 3. Vliv vodní páry (vodíku) na relativní distribuci hlavních sloučenin síry mol. zlomek celkové síry X_s (podmínky jako u obr. 1), cit.¹³

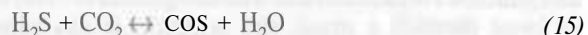
přechází hlavně na oxid železitý (příp. Fe_3O_4), přičemž se uvolňuje směs oxidu siřičitého a oxidu sírového.

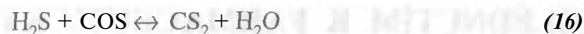
O chemii organické síry v uhlí při zplyňování je dosud známo velmi málo. Na základě pokusů s modelovými látkami lze předpokládat, že dochází k reakcím trojího typu: k tepelnému rozkladu, k hydrogenaci a k interakcím H_2S a S_2 , s organickými skupinami. Při reakcích se mohou uplatňovat katalytické účinky minerálních látek. Hlavními produkty těchto reakcí jsou sirovodík a různě „polymerovaná“ elementární síra.

Vedle dříve uvedených sulfidů železa se v uhlí nachází celá řada minerálů, jež můžeme rozdělit do tří základních skupin:

1. Inertní minerály jako křemen (SiO_2) a rutil (TiO_2).
2. Jílové minerály (alumosilikáty) s katalytickými účinky jako kaolinit, illit, montmorillonit aj. Tyto minerály katalyzují rozklad organických sulfidů a thiolů.
3. Minerály, které se sirnými sloučeninami mohou reagovat. Patří sem především kalcit (CaCO_3), aragonit (CaCO_3), doloMIT ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), sádrovec ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) a siderit (FeCO_3). Při vysokých teplotách tyto minerály podléhají rozkladným (kalcinačním) reakcím a vzhledem ke své alkalitě vážou sirovodík. Kalcinace sideritu je rychlejší při 500 °C, MgCO_3 při 600-700 °C a kalcitu při 850 °C (cit.^{22,23}).

V plynné fázi může docházet k řadě sekundárních reakcí jako





Při velmi vysokých teplotách a v nepřítomnosti vodíku se sirovodík může rozkládat na elementární síru a vodík



Nascentní síra je značně reaktivní a může reagovat i s pevným uhlíkem za vzniku disulfidu uhlíku²⁴



Příklady výpočtů rovnovážného složení energetického plynu, založených na minimalizaci volné energie jsou ilustrovány na obrázcích 1-3. Výsledky indikují jako nejvýznamnější sírné sloučeniny sirovodík, sulfid karbonylu, diatomickou síru (g) a oxid siřičitý. Je evidentní, že za prakticky zajímavých podmínek zplyňování je dominující sírnou sloučeninou v energetickém plynu sirovodík. Méně, ale významně je zastoupen také sulfid karbonylu. Ve svém úhrnu H_2S a COS představují více než 99 % celkové síry přítomné v palivu.

Vedle silného vlivu relativního množství kyslíku v nástřiku do zplyňovacího reaktoru na distribuci síry v produktu, patrného z obr. 2, je významný i vliv podílu vodní páry (viz obr. 3). Protože reakce mezi uhlíkem a vodní parou je endotermní a další vývoj zplyňování bude směřovat k vyšším pracovním teplotám, lze předpokládat, že podíl vodní páry v nástřiku bude v budoucnu klesat. Pára je primárním zdrojem vodíku a proto se s tímto poklesem poněkud sníží i podíl H_2S v plynu a zvýší se zastoupení sulfidu karbonylu a elementární diatomické síry S_2 (g).

6. Závěr

Máme za to, že racionální odsiřovací postup by měl začínat fyzikální separací pyritové síry z jemně rozemletého uhlí. Metody separace organické síry z uhlí dosud vyvinuty nejsou a tato problematika by neměla být výzkumníky opomíjena.

Problémy s odsiřováním jsou komplikovány širokou variabilitou jak složení, tak i fyzikálních vlastností uhlí. Významná je i přítomnost minerálních složek a bazicita těchto sloučenin.

Za podmínek charakteristických pro zplyňování se jako dominantní sírná složka tvoří sirovodík, v menší míře potom sulfid karbonylu a dále také diatomická elementární síra, oxid siřičitý a další sloučeniny.

Tato práce byla podpořena Grantovou agenturou ČR (grant č. 203/98/0101) a Grantovou agenturou Akademie věd ČR (grant č. 4072711).

LITERATURA

1. Griffiths J.: Chem. Engineer, Oct. 10, 21 (1996).
2. Nowacki P.: *Coal Gasification Processes*. Noyes Data Corp. (Park Ridge) New Jersey 1981.

3. Phillipson J. J., v knize: *Catalyst Handbook*. Wolf Scientific Book, London 1970.
4. Franck H. G., Knop A.: *Kohleveredlung Chemie und Technologie*. Springer-Verlag, Berlin 1979.
5. Gollmer H. A., v knize: *Chemistry of Coal Utilization* (Lowry H. H., ed.), sv. 2. Wiley, New York 1945.
6. Lunge G.: *Sulfuric Acid and Alkali*, sv. 2. van Nostrand, New York 1909.
7. Kunii D., Levenspiel O.: *Fluidization Engineering*. Butterworth-Heinemann, Boston 1991.
8. Nachod F. C.: US 2, 442 982 (1948).
9. Swisher J. H., Schwerdtfeger K.: J. Mat. Eng. Perform. 1, 399 (1992).
10. Hartman M., Svoboda K., Trnka O., Veselý V.: Chem. Listy 93, 99 (1999).
11. Buryan P., ve sborníku: *Paroplynové elektrárny s integrovaným zplyňováním uhlí*, str. 49. FS ČVUT Praha a Energoprojekt, Praha 1998.
12. Koutský B., ve sborníku: *Paroplynové elektrárny s integrovaným zplyňováním uhlí*, str. 57. FS ČVUT Praha a Energoprojekt, Praha 1998.
13. Stinnett S. J., Harrison D. P., Pike R. W.: Environ. Sci. Technol. 8, 441 (1974).
14. Westmoreland P. R., Harrison D. P.: Environ. Sci. Technol. 10, 659 (1976).
15. Leitner J., Chuchvalec P., Voňka P.: Chem. Listy 92, 2 (1998).
16. Chase M. W. Jr., Davies C. A., Downey J. R. Jr., Frurip D. J., McDonald R. A., Syverud A. N.: *JANAF Thermochemical Tables* (3rd. ed.) J. Phys. Chem. Ref. Data 14, Suppl. No. 1 (1985). NSRDS-NBS, Washington D.C.
17. Knacke O., Kubaschewski O., Hesselmann K.: *Thermochemical Properties of Inorganic Substances*. Springer, Berlin 1991.
18. Barin L.: *Thermochemical Data of Pure Substances*. Verlag Chemie, Weinheim 1993.
19. Furimsky E., Yumura M.: Erdöl Kohle 39(4), 163(1986).
20. Attar A.: Fuel 57, 201 (1978).
21. Khundkar M. H.: Indian J. Chem. 24, 407 (1947).
22. Hartman M., Martinovský A.: Chem. Eng. Commun. 111, 149(1992).
23. Hartman M., Trnka O., Veselý V.: Collect. Czech. Chem. Commun. 58, 1885(1993).
24. Snow R. D.: Ind. Eng. Chem. 24, 903 (1932).
25. Iisa K.: *Disertační práce*. Abo Akademi Univ., Turku 1992.

M. Hartman, K. Svoboda, O. Trnka, and V. Veselý
(Institute of Chemical Process Fundamentals, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague): **Sulfur in Coal Gasification**

An overview of the main sulfur compounds in coal are presented and their fundamental reactions in reducing environments. An attempt is also made to draw more general conclusions with respect to effective methods for removal of sulfur in gasification processes.