

Uhlí kontra životní prostředí

P. Kolat: Coal versus Environment. Život. Prostr., Vol. 30, No. 2, 76–80, 1996.

As with all industrial processes, without careful management the environmental impact of producing, transporting and using coal can be severe. Clean coal technology is all about minimising these effects, to achieve levels which are acceptable locally, nationally and internationally. Technologies need, therefore, to be constantly developed to meet increasingly stringent environmental standards. The future is therefore seen to lie with the more advanced power technologies which are currently approaching either commercialisation or the demonstration stage. These are designed to improve both the environmental performance and the efficiency of coal combustion plants. Several other clean coal technologies exist that are at the early stages of development. The future development will be influenced both by technical progress and by economic, political and environmental considerations.

Jako u všech průmyslových procesů, nutno sledovat negativní dopady na životní prostředí i při těžbě, úpravě, transportu a využívání uhlí. Technologie tzv. čistého využití uhlí tyto důsledky minimalizují a dosahují úrovní přijatelných jak v národním, tak i mezinárodním měřítku. Progresivně se zpevňují a liší se podle přijatelnosti dané zákonodárstvím té- které země. Jejich cíl je zřejmý: splnit i ty nejpřísnější emisní limity a standarty. Technologie tzv. čistého využití uhlí souvisejí s těžbou a úpravou uhlí (včetně rekultivace postižené krajiny), s jeho dopravou a skladováním, využitím v energetice a průmyslu, a také s likvidací a exploatací odpadů. Aplikace těchto technologií zajišťuje vyšší energetické využití uhlí při minimalizaci všech druhů emisí (včetně těch, jež způsobují skleníkový efekt). V příštích desetiletích si uhlí takto udrží pozici hlavního energetického zdroje.

Nebezpečí zvané emise

Spalování fosilních paliv zvyšuje podíl plyných a tuhých emisí, včetně kapalných odpadních produktů. Řada vyspělých zemí proto zavedla specifické národní limity emisí spojených s exploatací uhlí, především SO_2 , NO_x a prachu. Celosvětově jsou vyvíjeny tlaky na zavedení mezinárodních dohod pro emise kyselých dešťů (SO_2 , NO_x) a pro emise CO_2 ve spojení se sklení-

kovým efektem. Kvantum emisí způsobujících skleníkový efekt závisí na konkrétním technologickém procesu. Při posuzování fosilních paliv jako zdroje energie nutno brát v potaz komplexní palivový řetěz (od těžby paliv po finální spotřebu v podobě tepla či světla) a produkci výrobků pro spotřebitele. Celkové množství CO_2 je závislé na druhu používaného paliva. Vznik N_2O je úzce spjat s technologií spalování. Emise CO_2 ze spalování fosilních paliv, vypalování lesních ploch a ostatních lidských aktivit způsobily, že koncentrace CO_2 v zemské atmosféře vzrostla z předindustriální hodnoty 280 ppm na současných 360 ppm. Mnohé prameny poukazují na spojitost lidské činnosti a změn klimatu. Uhlí se však podílí na tvorbě skleníkového efektu jen 23 %.

Technologie pro kontrolu a řízení tuhých a plyných emisí ze spalovacích procesů tzv. čistého spalování jsou již dostupné, anebo ve vývoji. Nejeefektivnější cesta redukce vlivu uhlí na životní prostředí tkví v maximálním využití energie z uhlí, tedy v posílení účinnosti přeměny energie v uhelných elektrárnách a teplárnách.

Nově sledovaný nepřítel

Dosud málo poznanou škodlivinou vznikající při spalování je oxid dusný N_2O . Jeho střední koncentrace v atmosféře v současnosti činí ca 300 ppm a ročně stoupá

o 0,3 %. Jako netečný plyn proniká až do stratosféry. Tam působením slunečního záření oxiduje na NO a podílí se na likvidaci ozónu a na tvorbě skleníkového efektu absorbcí infračerveného záření. Jeho účinek je ve srovnání s CO₂ téměř 300-krát větší. Ačkoliv jeho koncentrace v atmosféře je 1000-krát nižší než CO₂, na tvorbě skleníkového efektu se podílí 6 %. Na citovaném stavu se fluidní ohniště podílejí 41 %, klasické zdroje 40 % a zbylých 19 % připadá na zvláštní zdroje a paliva.

Lze omezit tvorbu NO_x ?

Při spalování závisí na spotřebě O₂, spalovací teplotě, obsahu N₂ a prchavé hořlaviny v uhlí. Základní princip snižování emisí NO_x spočívá buď v omezování jejich tvorby při spalování paliva v ohništi, anebo v aplikaci chemických procesů denitrifikace spalin. NO_x lze redukovat snížením maximální spalovací teploty, zmenšením koncentrace O₂, zkrácením doby setrvání částic uhlí v oblasti maximálních teplot, nasazením tzv. deNO_x hořáků či kombinovaným spalováním více druhů paliv.

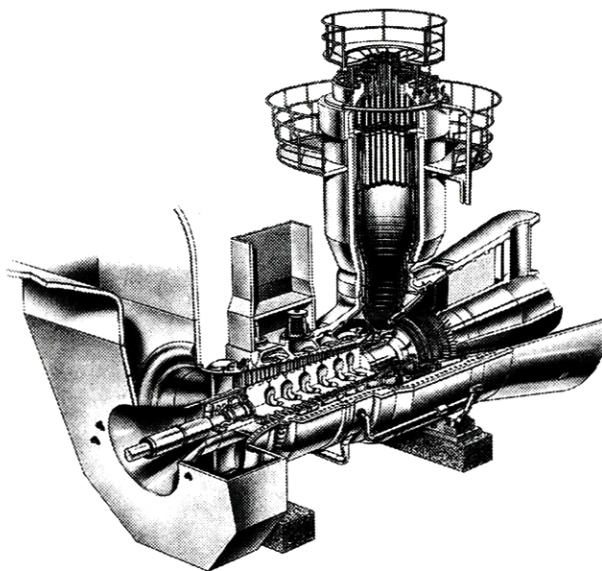
Tuhé emise a oxidy síry

Tvorba SO₂ souvisí se složením uhlí. Při spalování se část organické síry vždy váže na popeloviny. U uhlí s vyšším obsahem alkálií se může takto vázat 10–20 % vzniklého SO₂. Existují dvě použitelné metody snižování SO₂. První spočívá v úpravě uhlí před spalováním (uhlí je zbaveno části spalitelné síry), druhá v odstranění vzniklých oxidů síry ze spalin chemickou cestou.

Emise tuhých částic se považují za nejméně škodlivé. Není tomu tak. Tyto částice obsahují vázanou síru, halogenové prvky a těžké kovy. Ty v průběhu spalování kondenzují na povrchu částic. Emisní limity nelze dosáhnout bez odlučování v tkaninových filtrech a elektrostatických odlučovačích.

Moderní technologie pro čisté spalování uhlí

Hlavním cílem do budoucna je zvyšování účinnosti všech uhelných elektráren. Moderní jednotky mají vyšší účinnost než předchozí. Např. v SRN klesla spotřeba paliva na jednotku vyrobené energie oproti r. 1900 asi o 75 %. To má vliv na výraznou redukci tuhých a plyných emisí. Budoucnost patří jednoznačně kombinované výrobě elektřiny a tepla. Význam kogeneračních jednotek vyplývá také z ekonomických a politických cílů (Ruth, 1995). Předpokládá existenci trhu s energiemi a systémů centralizovaného zásobování teplem.



1. Aplikace moderní letecké turbíny v paroplynové elektrárně

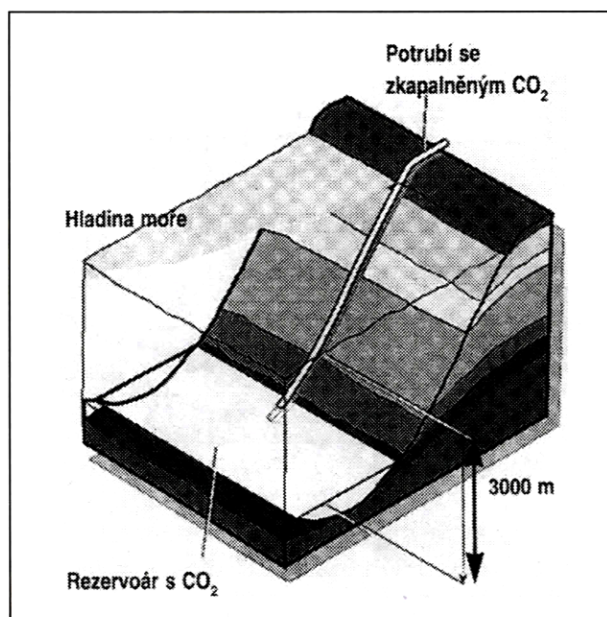
Fluidní spalování

Technologie spalování ve fluidní vrstvě byla vyvinuta v 30 letech v chemickém průmyslu. Její principy se nyní široce aplikují i pro tzv. čisté spalování uhlí. Umožňují neefektivněji redukovat vliv uhlí na životní prostředí a posílit účinnost přeměny energie v uhelných elektrárnách a teplárnách. V zásadě existují fluidní ohniště atmosférická a tlaková. Atmosférická jsou buď s bublinovou, nebo cirkulující fluidní vrstvou. V průmyslových zemích je provozu okolo 200 jednotek. Atmosférická fluidní ohniště se běžně využívají v uhelných elektrárnách s výkonem bloků do 165 MWe. V Japonsku a v USA jsou ve výstavbě jednotky o výkonu až 350 MWe.

Tlaková fluidní ohniště jsou v pokročilém stadiu vývoje. Aplikují principy bublinové i cirkulující fluidní vrstvy. Při aplikacích v paroplynovém zařízení je 75–80 % elektřiny vyrobeno v konvenčním parním oběhu. Spaliny opouštějící ohniště však mají tlak 1,2–1,6 MPa. Po vycištění ve vysokoteplotních keramických filtrech je tlaková energie spalin využita ve spalovací turbíně. Ta vyrábí až 25 % celkového výkonu elektrické energie. První komerční aplikace se uskutečnila ve švédském Vartanu. Zařízení vyrábí jak elektřinu, tak i teplo pro vytápění města a splňuje nejpřísnější emisní limity.

Zplyňování uhlí a kombinované oběhy

Jedna z mezních alternativ tzv. čistého spalování uhlí



2. Schéma ukládání CO₂ v moři

je jeho zplynění. Hlavním cílem zplyňování je výroba plynu a jeho využití jako paliva nebo suroviny. Proces má oproti klasickému spalování dvě základní výhody: – účinnost zařízení vyrábějící energii je vyšší, – snáze splňuje i nejpřísnější emisní limity.

Moderním trendem v této oblasti je integrace zplyňování uhlí s paroplynovým zařízením. Tato zařízení, známá jako IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle), se vyvíjely pro zvýšení účinnosti přeměny energie. Skládají se z plynového oběhu se spalovací turbínou s generátorem a parního oběhu s turbogenerátorem využívajícím odpadní teplo ze spalovací turbíny. Tento paroplynový oběh může dosáhnout účinnosti více než 45–48 %, zejména při aplikaci nových typů spalovacích turbín pro teploty lopatek do 1370 °C z kompozitních a keramických materiálů (obr. 1). Tyto systémy nabízejí celou řadu výhod oproti konvenčním elektrárnám (Touchton, 1995).

- Produkuje menší množství tuhých odpadů, kde velká část je nevyluhovatelná a může se využít v zemědělství a stavebnictví.

- Mají vyšší účinnost přeměny energie.

- Umožňují modulový přístup ve výstavbě, což výrazně snižuje cenu elektrické energie.

- Úroveň plynných emisí je o 20–25 % nižší než u nejmodernějších práškových ohnišť.

Na celém světě je v projekci anebo ve výstavbě mnoho demonstračních jednotek IGCC. Zejména v USA, kde jsou instalovány v rámci programu US Clean Coal Tech-

nology. Jedno zařízení je ve výstavbě v nizozemském Buggenumu, a to s celkovou účinností elektrárny 43 %. Vývoj v příštím desetiletí směřuje ke zvyšování výkonu jednotek a ke zlepšení jejich ekonomiky.

Zkapalňování uhlí

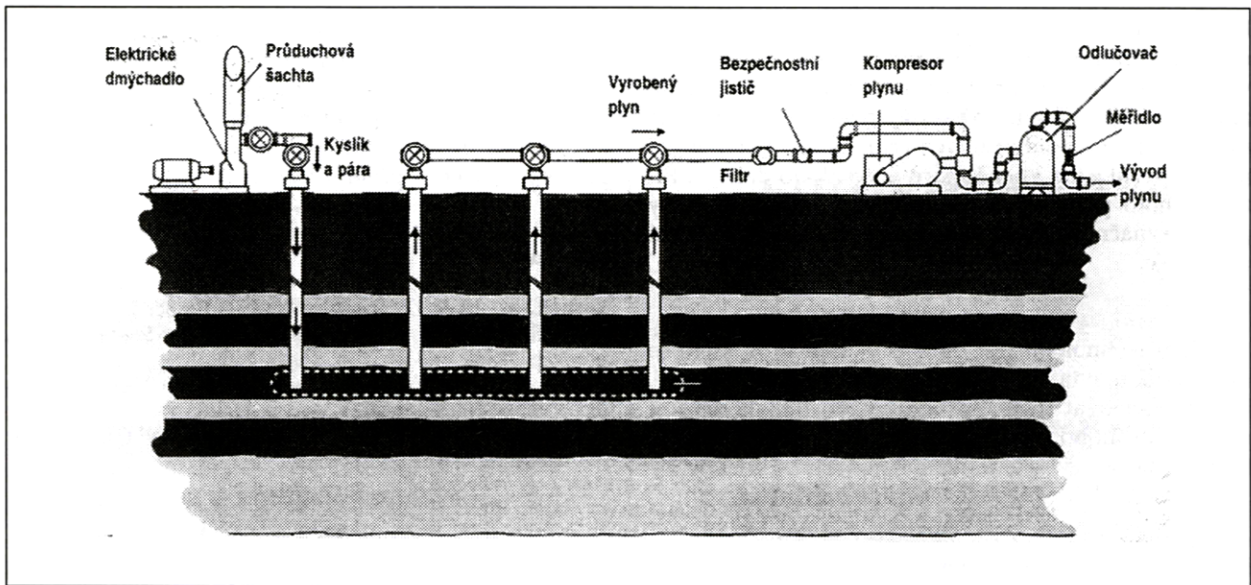
I nejčastěji používaná paliva v dopravě – benzín a nafta – se mohou vyrábět z uhlí, a to různými způsoby. Technologie konverze uhlí zahrnují jak jeho zplyňování k výrobě plynu, jenž může být transformován do kapalného stavu (nepřímé zkapalňování), tak technologie zabezpečující v rafineriích širokou škálu produktů (přímé zkapalňování). Obě byly poprvé aplikovány v komerčním měřítku v Německu, v letech 1927–1945. V současnosti se nepřímé zkapalňování široce využívá v Jižní Africe. Dlouhodobý vývoj zdokonaleného přímého zkapalňování se aktivně uplatňuje v Anglii, USA a v Japonsku. Další vývoj se zaměřuje na aplikace pro různé druhy uhlí a na snížení ekonomických nákladů.

Palivové články

Nabízejí možnost přímé přeměny chemické energie zplyněného uhlí v elektřinu. Vysokoteplotní palivové články – jak na bázi tuhé oxidace (900–1000 °C), tak na roztavených uhlíkových elektrolytech (650 °C) – zaručují pro zplyněné uhlí dobré perspektivy. Plyn se ovšem musí dobře vyčistit, aby se minimalizovala koroze a chemické reakce s komponenty palivových článků. Ty produkují jak elektrickou, tak i tepelnou energii. Tu lze využít v tepelných motorech na dodatečnou generaci elektřiny. Čistá energetická účinnost těchto zařízení dosáhne až 60 % – podle typu článku, konfigurace zařízení a výhřevnosti uhlí. Tyto oběhy umožňují snížit emise CO₂ o 25 % oproti nejlepším klasickým elektrárnám. Jednotky o výkonu 100 kWe se již nyní projektují a stavějí v různých zemích světa, zprovoznění jednotky o výkonu 2000 kWe se předpokládá r. 1997. V současnosti jsou napájeny zemním plynem. Uvažuje se však o blízké integraci zplyňování uhlí s palivovými články. Elektrárny s palivovými články by v dohledné době mohly vyrábět elektřinu za nižších nákladů než klasické zdroje nebo elektrárny s tlakovými fluidními ohništi.

Magnetohydrodynamické systémy

Elektrická energie ze spalovacích magnetohydrodynamických systémů se generuje ve dvou fázích. V první se spaluje uhlí k dosažení extrémně horkého plynu nebo



3. Schéma podzemního zplyňování uhlí

plazmy. Pro zlepšení tepelné vodivosti plynu se dávkuje sorbent na bázi draslíku. Poté plyn prochází tunelem se silným magnetickým polem a výsledný elektrický proud se získává použitím vhodných elektrod z proudu spalin. Ve druhé fázi spaliny procházejí sérií tepelných výměníků a odlučovačů prachu. Zde se využívá teplo, které se převádí do parovodního oběhu s konvenční parní turbínou a elektrickým generátorem. Magnetohydrodynamické systémy dosáhnou výhledově účinnosti 50–60 %. Navzdory výhodám, jež tento systém skýtá, je jeho vývoj pomalý. Bude zapotřebí zdokonalit jednotlivé komponenty pro jeho komerční využití.

Tepelné motory

Rozhodnutím vládního výboru pro energetiku USA byl zintenzivněn výzkum tepelných motorů na uhlí. Spalovací turbíny na uhlí jsou vyvíjeny jak pro výrobu elektřiny, tak pro kogeneraci v komunální i průmyslové energetice. V USA již byly úspěšně vyvinuty spalovací komory s nízkou tvorbou NO_x , palivové systémy (směs uhlí a vody) a systémy pro řízení tuhých a plyných emisí. Dosažené stabilní spalování vykazuje účinnost 99,5 % a emise NO_x max. 25 ppm. Také vývoj nepřímého spalování uhlí v obězích spalovacích turbín je úspěšný. Tyto systémy využívají konvenční atmosférické komory s vysokou účinností a s jednotkovými výkony.

Dieselové motory, poháněné směsí uhlí a vody, se mohou využít v dopravě a při kogeneraci. Vyznačují se vysokou účinností (až 55 %) a dobrou regulovatelnos-

tí výkonu. V USA již úspěšně odzkoušeli 12-válcový dieselův motor o výkonu 2,2 MWe. Testy prokázaly, že emise NO_x jsou ve srovnání s naftovými motory poloviční. V průmyslové energetice mohou tyto motory generovat elektřinu a odpadní teplo spalin se používá pro výrobu průmyslové páry (Wilson, 1995).

Odstraňování a skladování CO_2

Velká pozornost se nyní soustřeďuje i na technicko-ekonomické otázky likvidace CO_2 jako odpadu. Jeden takto zaměřený program nese název – Greenhouse Gas US Program. CO_2 lze užitečně recyklovat v přírodních a průmyslových procesech. Omezené množství CO_2 se využívá při těžbě ropy v obtížných geologických podmínkách. Seriózně se uvažuje i o přírodní recyklaci pomocí rozsáhlých zalesňovacích programů. Existuje rovněž varianta ukládání CO_2 do oceánů (obr. 2). To ale vyžaduje injektáž do dostatečné hloubky. Dobré skladovací kapacity nabízejí také solná ložiska a vytěžené prostory ropných vrstev a zemního plynu. Dlouhodobé výzkumy v této oblasti mají za cíl ověřit ekologické vlivy těchto technologií.

Podzemní zplyňování

Provádí se v uhelných hlubinných ložiscích, kde nelze využít klasické metody těžby. Princip spočívá v zapálení a nedokonalém spalování uhelných vrstev.

První vrt se zásobuje vysokotlakou párou a kyslíkem pro udržení kontinuity zplyňovacího procesu. Z další série vrtů se pak odsává vyprodukovaný plyn (obr. 3). Kvalita zplyňovacího procesu v reakční zóně je monitorována skladbou plynu z jednotlivých vrtů. Někdy je zapotřebí utěsnit první vrt a vhánět páru a kyslík do dalších. Řízení tohoto procesu pro zajištění předepsané kvality plynu je značně obtížné. Nicméně výzkum v této oblasti pokračuje.

* * *

Cílem technologií tzv. čistého využití uhlí, které se intenzívně rozvíjí v USA, Japonsku a západní Evropě, je minimalizovat důsledky využívání uhlí na životní prostředí. Mnoho těchto technologií se nachází v počátečním stadiu vývoje a některé naleznou dostatečný

energetický potenciál teprve v budoucnu. Aby dospěly do demonstračního stadia, bude v mnoha zemích nezbytné zintenzivnit výzkum a vývoj. O jejich praktickém osudu rozhodne nejenom technický pokrok, ale i konkrétní ekonomické, politické a environmentální poměry ve světě v příštím století.

Literatura

- Ruth, L. A., 1995: Combustion 2000: Advanced Coal Firing for the Next Century Modern Power Systems. May, p. 77–81.
 Touchton, G., 1995: Electricity Market Shapes New Gas Turbine Strategies MPS. May, p. 17–20.
 Wilson, R. P., 1995: Testing Time for Coal-Fuelled Engine MPS. July, p. 49–53.

Severočeský hnědouhelný revír

