

TECHNOLOGY OF STRAW BURNING

TECHNOLOGIA SPALOVANIA SLAMY

Dr. inż. Wiesław Denisiuk

„EKOLOG“ Zakład Energetyki Ciepłej i Usług Bytowych w Zielonkach
82-410 Stary Targ, Województwo pomorskie, POLSKA
tel./fax +48 55 2771374
e-mail: biuro@ekologzecz.com.pl

Polskie Towarzystwo Biomasy „POLBIOM“,
02-532 Warszawa, ul. Rakowiecka 32, p. 320, POLSKA
www.polbiom.pl, Tel. +48 22 849-09-74

ABSTRACT

The paper deals with the example of application of straw as fuel for a power plant with capacity of 1 MW, which is reconstructed from an old coal power plant. The article shows the advantages of straw as a source of energy, analyses the physical and chemical characteristics and temperature parameters, typical for straw. Moreover it indicates the specific circumstances of the straw burning processes. The paper focuses also on preparation and storing of straw for public use and in the energy sector.

Comparing with fossil fuel, straw is a low-caloric natural source, whose energy value reached to 14-19 MJ/kg. This value depends partly on the kind of straw and its water or moisture content (MC).

To the basic characteristics of energy aspects belong:

- energy or heating value (HV) MJ/kg (in LPG it is MJ/ m³)
- burning temperature
- melting point - temperature of ash
- weight kg/m³
- density
- Energy density MWh /m³
- Energy potential GJ/t
- Size-homogeneity of straw
- Water or Moisture Content (MC)

The above mentioned characteristics have an influence on technical parameters of straw-burning boiler. These parameters define conditions process of straw preparation.

ABSTRAKT

V článku je predstavený príklad využitia slamy ako biopaliva v podmienkach energetického zdroja s tepelným výkonom 1MW, ktorý bol získaný rekonštrukciou pôvodného tepelného zdroja na báze zemného plynu.

Príspevok poukazuje na možnosti zhodnotenia slamy ako paliva, analyzuje jej fyzikálno-chemické vlastnosti a tepelné parametre charakteristické pre túto fytomasu, ďalej upozorňuje na zvláštnosti v technike spaľovania slamy. Rovnako je venovaná pozornosť skladovaniu a príprave slamy pre jej využitie v sektore komunálnej a priemyselnej energetiky. Pri porovnaní so zemným plynom slama je nízko-kalorickou energetickou surovinou a jej výhrevnosť kolíše v rozsahu 14 - 19 MJ.kg⁻¹. Táto veličina je ovplyvňovaná čiastočne druhom obilniny, ale hlavne obsahom vody – relatívnou vlhkosťou. Medzi základné charakteristické vlastnosti potenciálnej energetickej suroviny patrí [2]:

výhrevnosť MJ.kg⁻¹ (u plynu je to v MJ.m⁻³), teplota horenia °C, teplota tavenia popola °C, sytná hustota kg.m⁻³, hustota t.m⁻³, objemová hmotnosť t.m⁻³, energetická hustota MWh.m⁻³, energetický potenciál GJ.ha⁻¹, rozmerová homogénnosť slamy, obsah vody - relatívna vlhkosť.

Uvedené vlastnosti ovplyvňujú konštrukčné parametre energetického zdroja prevádzkovaného na báze slamy, a tým sú dané aj požiadavky na spracovanie prírodnej slamy ako základnej suroviny pre výrobu rôznych druhov biopalív a ich uplatnenie v sektore energetiky.

1. ÚVOD

Je všeobecne známe, že spotreba energie vo svete stále rastie a jej charakter nadobudol neudržateľný trend v poslednom storočí, najmä po II. svetovej vojne. Pritom je taktiež známe, že priemyselne rozvinutá časť sveta, ktorá dosahuje necelých 25% svetovej populácie, spotrebuje takmer 80% ročnej spotreby energie vo svete [1]. Výroba tepla a elektrickej energie sa dnes realizuje vo väčšine prípadov v teplárňach a výhrevniach spaľovaním fosílnych palív. Veľká väčšina z týchto prevádzok má zastaranú technológiu, a tým aj nežiaduci - negatívny vplyv na životné prostredie. Znečisťujúce i nežiaduce látky, medzi nimi najmä CO₂, sú produktom procesu spaľovania fosílnych palív a sú známe svojou podporou skleníkového efektu. Pre striktnú ochranu životného prostredia, zníženie závislosti na importe energie a palív, či zaistenie energetickej bezpečnosti EÚ, komisia EÚ schválila tri základné dokumenty [5]:

1. „Biela kniha - White Paper“ je základný dokument Komisie EÚ prijatý v novembri 1997, ktorý stanovil základné ciele pre rozvoj vo využívaní zdrojov obnoviteľných foriem energie (ZOFE). Cieľom Komisie EÚ je zdvojnásobiť podiel ZOFE (6%) z ročnej spotreby energie v roku 1997 na 12% v roku 2010, pritom využitie biomasy by sa malo strojnásobiť (zo 45 Mtoe na 135 Mtoe).
2. Protokol z Kyoto (XII 1997) sa zaoberá ochranou ovzdušia, a to cestou zníženia produkcie skleníkových plynov. Prijatý limit na obmedzenie emisií CO₂ je pre SR 8% pod objem generovaný v roku 1990 do obdobia rokov 2008 až 2012.
3. „Zelená kniha - Green Paper“ je dokument Komisie EÚ prijatý pre zaistenie energetickej bezpečnosti - sebestačnosti v energetickom zásobovaní krajín EÚ. S veľkým dôrazom na potenciál ZOFE mimoriadny záujem je o biomasu. Cieľom je znížiť import energie do EÚ, aby sa zachovala aspoň rovnováha medzi domácimi a importovanými zdrojmi energie. Pri zachovaní súčasného trendu v náraste importovanej energie sa predpokladá, že do roku 2030 to bude až 70%.

Na základe súčasného trendu vo výstavbe, či v rekonštrukcii kotolní s prechodom na biopalivá - slamu a drevné štiepky v Poľsku, je možné povedať, že energetickú sebestačnosť v komunálnej sfére a zníženie produkcie emisií CO₂, je možné pomerne s úspechom riešiť pomocou lokálnych energetických systémov [2]. Tieto systémy centrálného zásobovania teplom (CZT) a čiastočne aj elektriny je možné úspešne riešiť s aplikáciou kogenerácie.

Veľká systémová elektro-energetika aj napriek tomu, že v Poľsku vládne nariadenia a vyhlášky požadujú z roka na rok rovnomerne zvyšovať podiel bio-elektriny a bio-tepla v ročnej bilancii spotreby energie, tento problém zatiaľ rieši cestou hybridných systémov – spoluspaľovaním biopalív s fosílnymi palivami.

Túto úlohu veľká energetika zabezpečuje vo väčšine prípadov pomocou spoločného spaľovania uhlia s drevnými štiepkami, tzv. lesné energetické štiepky na báze poťažbových zvyškov ťaženého dreva, príp. sa začína s využívaním energetických plantáží, napr. *Sida hermaphrodita* Rusby, vrbá *Salix*, *Miskantus*, atď.

Vo väčšine prípadov je zmena - technický zásah do stávajúceho systému energetickej technológie obmedzený na prispôsobenie systému zásobovania kotla zmesou uhlia a biomasy. Názory na tento spôsob energetického využitia biomasy sú zväčša negatívne. Súbežné spaľovanie uhlia s biopalivom sa doporučuje aplikovať najmä pri fluidnej technológii, tzv. fluidnom kotle s vylúčením použitia slamy.

2. TECHNICKÉ A TECHNOLOGICKÉ VLASTNOSTI SLAMY.

Slamu ako energetickú surovinu určujú nasledovné parametre a charakteristické vlastnosti[2]:

- výhrevnosť MJ.kg⁻¹ (u plynu je to v MJ.m⁻³),
- teplota horenia °C,
- teplota tavenia prachov °C
- sypná hustota kg.m⁻³,
- hustota t.m⁻³,
- objemová hmotnosť t.m⁻³
- energetická hustota MWh.m⁻³,
- energetický potenciál GJ.ha⁻¹,
- rozmerová homogénnosť slamy
- obsah vody - relatívna vlhkosť.

Výhrevnosť slamy závisí najmä na druhu a akosti slamy, pričom akosť je ovplyvnená okrem obsahu vody aj fázou zberu slamy (slama zberaná priamo za kombajnom - slama žltá, slama zberaná po niekoľkých dňoch po zbere zrna – slama sivá). V takom prípade výhrevnosť je v rozsahu: pri vlhkosti 5% - 19 MJ.kg⁻¹, t.j. slama sivá, a pri vlhkosti 20% - 13,5 MJ.kg⁻¹, t.j. slama žltá.

Aby určité technologické prvky kotla mohli správne fungovať, je potrebné dodržať optimálnu teplotu horenia slamy, tá by mala byť v intervale 750 až 900 °C. To je dôležité hlavne z aspektu nežiaduceho tavenia popola, čo ovplyvňuje aj technické riešenie odvodu popola z kotla. Z týchto dôvodov je problematické využívať jačmennú slamu pre energetické účely [2].

Tabuľka č.1: Parametre slamy v závislosti na rozmerovej homogénnosti.

Stav - úprava slamy	Sypná hustota kg.m ⁻³	Objemová hmotnosť m ³ .t ⁻¹	Energetická hustota MWh.m ⁻³
Slama voľná	20-50	20-50	0,16-0,7
Slama rezaná	40-60	10-25	0,13-0,19
Slama viazaná do malých balíkov	50-110	9-20	0,16-0,36
Slama v okruh. balíkoch	60-90	11-16	0,19-0,29
Slama v „big“ baloch	70-130	7,7-14	0,23-0,49
Slama ako brikety / pelety	300-450	2,3-3,3	0,99-1,48

Spotrebu slamy pre prepočítaný výkon kotla udávame cestou energetického potenciálu obilnej plochy, pre vyjadrenie ktorého platí, že zostávajúca slama vyjadrená pomerom zrno / slama, t.j. z:s= 1:0,56. Na základe pokusov bolo dokázané, že pre energetický účel je možné získať z jedného hektára obilia 0,8 až 5,0 ton slamy. To je závislé na odrode, úrode a druhu obilia.

Technické riešenie zásobovania energetickej jednotky slamou určuje technológia zberu, respektíve zhutňovania tejto energetickej suroviny. V tab. č. 1 sú udané parametre slamy v závislosti na jej rozmerovej homogénnosti.

2. KOTLY A ZARIADENIA PRE ENERGETICKÉ VYUŽITIE SLAMY

Slama začala byť atraktívna ako energetická surovina už na začiatku 70-tych rokov, ale aj pod tlakom neskorších smerníc, ktoré zakázali voľné pálenie slamy na poliach. Po stránke technickej sa jednalo hlavne o to, ako riešiť otázku predĺženia horenia slamy v spaľovacej komore kotla. Všeobecne známe základné údaje o horení slamy [3,4]:

- vysoká rýchlosť horenia pri voľnom prístupe vzduchu,
- relatívne vysoká teplota horenia (1400 až 1430 °C),

- relatívne vysoký plameň (z balíka slamy o priemere 1m až do výšky 1,5 m). Tieto údaje boli základnou informáciou vo vývoji kotlov, ktoré boli konštrukčne riešené ako dvojplášťová komora na spaľovanie balíkov slamy. Spalinovod bol integrovanou súčasťou kotla – spaľovacej komory, a preto tieto systémy sa často vyznačovali nízkou účinnosťou a tiež nedopalmi slamy ako TZL sa bežne dostávali do ovzdušia. Vývoj kotlov sa orientoval hlavne na zväčšenie výmenníkovej - teplosmennej plochy. Na obrázku 1 je znázornený typický kotol tejto konštrukcie[2].

Obr.1: Kotol na slamu.

Legenda: 1- teplomer, 2- dymový kanál, 3- keramická výmurovka, 4- regulátor otáčok ventilátora, 5- ventilátor, 6- slama, 7- vodný plášť kotla, 8- tepelná izolácia kotla.

Dodávka slamy do tohto typu kotla bola zabezpečená pre výkony 20 až 100 kW ako balíky o hmotnosti 10 – 15 kg, ktorých dodávka do spaľovacej komory je na úrovni 2 až 5 kusov. Pre výkony od 100 do 500 kW bola slama balená do valcových, prípadne štvorcových balíkov, ktorých hmotnosť sa pohybovala od 100 do 300 kg.

Na začiatku 80-tych rokov boli už komerčne dostupné systémy kotlov vybavené s automatickým riadením, s plynulou dodávkou biopaliva na báze slamy. Technické riešenie týchto kotlov bolo ovplyvnené už známou koncepciou kotlov na zemný plyn. Z aspektu zohľadnenia diferencie parametrov slamy ako paliva vs zemný plyn (napr. hustota slamy, obsah TZL v spalinách zo slamy, teplota horenia a relatívna vlhkosť - obsah vody v slame), kotly na slamu boli dodatočne:

1. vybavené predradenou časťou spaľovacej komory, v ktorej prebieha proces sušenia biopaliva – redukcia obsahu vody a následne proces suchej destilácie – pyrolýzny rozklad slamy na pyrolýzny plyn. Táto predradená časť spaľovacej komory bola obvyčajne riešená ako jej prvý stupeň a plynulo prechádzala do spaľovacej komory. Jednoducho povedané, táto časť je porovnateľná s funkciou karburátora u spaľovacích motorov;
2. ako bezroštové kotly - vybavené zariadením pre vnútornú dopravu popola;
3. vybavený výmurovkou - keramickou vložkou vo vnútri kotla za účelom chrániť kotol pred poškodením - deštrukciou z titulu vysokej teploty v spaľovacej komore a hlavne za účelom zabezpečenia úplného spaľovania biopaliva na báze slamy.

Pri rekonštrukcii kotla na zemný plyn na biopalivo – slamu, mal rekonštruovaný kotol iba štvrtinový výkon oproti pôvodnému kotlu na zemný plyn.

Na obrázku 2. je znázornený automatický kotol na slamu s dodávkou drtenej slamy [2,3].

Obr. 2: Automaticky kotol na slamu: 1- drvič slamy, 2- cyklón, 3- protipožiarna stena, 4- ventilátor, 5- závitokový dopravník, 6- predspaľovacia komora, 7- spaľovacia komora, 8- keramická výmurovka, 9- izolačná vrstva, 10- vodný plášť kotla, 11- spalinový - dymový ventilátor.

ZÁVERY

1. Biopalivo na báze slamy je z energetického aspektu výrazne odlišné (nízko-kalorické palivo) a porovnanie so zemným plynom a naftou (ušľachtilé vysoko-kalorické palivo) je len ťažko akceptovateľné. Ako palivo je celkom odlišne klasifikované.
2. Pri horení slamy sú intenzívne uvoľňované prchavé látky, ich obsah je cca 46 %.
3. Obsah popola je závislý od druhu slamy, jeho obsah je obvyčajne od 4 do 7 %.
4. Kotly na slamu, pracujúce v nízko-teplotnom režime, sú vybavené s predradenou spaľovacou komorou, v ktorej prebieha suchá destilácia – pyrolýzny rozklad slamy na pyrolýzny plyn.

Kotly pracujúce vo vysoko-teplotnom režime vyžadujú vyriešiť otázku tavenia popolov, pre odstránenie čoho sa montujú komplikované drtiče a dopravníky.

5. Pri priamej adaptácii – rekonštrukcii plynového kotla na kotol pre spaľovanie slamy sa získava energetická jednotka s podstatne nižším výkonom, o cca 25% vzťahnuté k výkonu pôvodného kotla na zemný plyn.

6. Vlastnosti slamy ako paliva si vyžadujú špeciálnu konštrukciu kotlov pokiaľ sa majú vyrovnáť kotlom spaľujúcim klasické fosílné palivá.

LITERATÚRA

1. Budny J. 2000. Czy węgiel kamienny może konkurować z paliwami płynnymi. Materiały konferencji naukowej „Problemy gospodarki energią i środowiskiem w mleczarstwie“, Licheń 4-6 IX 2000, s. 4-8.
2. Denisiuk W. 1998. Analiza technologiczna, organizacyjna, i finansowa kotłowni opalanej słomą“. Materiały konferencji naukowej „Wykorzystania energii odnawialnej w rolnictwie“. Warszawa 29-30 IX 1998, s. 161-172.
3. Nikolaison L. 1998. Straw for energy production. The centre of biomass technology, Denis.
4. Víglaský J. 2001. Straw as a Fuel and its Characteristics. In: Acta Facultatis Technicae Zvolen V. – Zborník vedeckých prác Fakulty environmentálnej a výrobnjej techniky Technickej univerzity vo Zvolene, No. 1, s. 139-148, Slovensko.
4. Manifesto, AE-BIOM. Brussels, Belgium, 2003.

TECHNOLOGY OF STRAW BURNING

TECHNOLOGIA SPALOVANIA SLAMY

Dr. inż. Wiesław Denisiuk



„EKOLOG“

Zakład Energetyki Ciepłej i Usług Bytowych w Zielonkach
82-410 Stary Targ, Wojwództwo pomorskie, POLSKA
tel./fax +48 55 2771374
e-mail: biuro@ekologzecz.com.pl



Polskie Towarzystwo Biomasy „POLBIOM“,
02-532 Warszawa, ul. Rakowiecka 32, p. 320, POLSKA
www.polbiom.pl, Tel. +48 22 849-09-74

Priemyselne rozvinutá časť sveta, ktorá dosahuje necelých 25% svetovej populácie, spotrebuje takmer 80% ročnej spotreby energie vo svete

1.,Biela kniha - White Paper“ je základný dokument Komisie EÚ prijatý v novembri 1997, ktorý stanovil základné ciele pre rozvoj vo využívaní zdrojov obnoviteľných foriem energie (ZOFE). Cieľom Komisie EÚ je zdvojnásobiť podiel ZOFE (6%) z ročnej spotreby energie v roku 1997 na 12% v roku 2010, pritom využitie biomasy by sa malo strojnásobiť (zo 45 Mtoe na 135 Mtoe).

2Protokol z Kyoto (XII 1997) sa zaoberá ochranou ovzdušia, a to cestou zníženia produkcie skleníkových plynov. Prijatý limit na obmedzenie emisií CO₂ je pre SR 8% pod objem generovaný v roku 1990 do obdobia rokov 2008 až 2012.

3.,Zelená kniha - Green Paper“ je dokument Komisie EÚ prijatý pre zaistenie energetickej bezpečnosti - sebestačnosti v energetickom zásobovaní krajín EÚ. S veľkým dôrazom na potenciál ZOFE mimoriadny záujem je o biomasu. Cieľom je znížiť import energie do EÚ, aby sa zachovala aspoň rovnováha medzi domácimi a importovanými zdrojmi energie. Pri zachovaní súčasného trendu v náraste importovanej energie sa predpokladá, že do roku 2030 to bude až 70%.

biopalivá - slama a drevné štiepky umožňujú

-energetickú sebestačnosť v komunálnej sfére

-zníženie produkcie emisií CO₂, pomocou lokálnych energetických systémov

-organizovať lokálne systémy

centrálneho zásobovania teplom (CZT)
čiastočne aj elektriny s aplikáciou kogenerácie
a výroby tekutých palív.

Všeobecne známe základné údaje o horení slamy :

- **vysoká rýchlosť horenia pri voľnom prístupe vzduchu,**
- **relatívne vysoká teplota horenia (1400 až 1430 °C),**
- **relatívne vysoký plameň (z balíka slamy o priemere 1m až do výšky 1,5 m).**

Slamu ako energetickú surovinu určujú nasledovné parametre a charakteristické vlastnosti[2]:

- výhrevnosť MJ.kg^{-1} (u plynu je to v MJ.m^{-3}),
- teplota horenia $^{\circ}\text{C}$,
- teplota tavenia prachov $^{\circ}\text{C}$
- sypná hustota kg.m^{-3} ,
- hustota t.m^{-3} ,
- objemová hmotnosť t.m^{-3}
- energetická hustota MWh.m^{-3} ,
- energetický potenciál GJ.ha^{-1} ,
- rozmerová homogénnosť slamy
- obsah vody - relatívna vlhkosť.

Parametre slamy v závislosti na rozmerovej homogénosti.

Stav - úprava slamy	Sypná hustota kg.m⁻³	Objemová hmotnosť m³.t⁻¹	Energetická hustota MWh.m⁻³
Slama voľná	20-50	20-50	0,16-0,7
Slama rezaná	40-60	10-25	0,13-0,19
Slama viazaná do malých balíkov	50-110	9-20	0,16-0,36
Slama v okruh. balíkoch	60-90	11-16	0,19-0,29
Slama v „big“ baloch	70-130	7,7-14	0,23-0,49
Slama ako brikety / pelety	300-450	2,3-3,3	0,99-1,48

Z aspektu zohľadnenia diferencie parametrov slamy ako paliva vs zemný plyn (napr. hustota slamy, obsah TZL v spalinách zo slamy, teplota horenia a relatívna vlhkosť - obsah vody v slame), kotly na slamu boli dodatočne:

- 1 vybavené predradenou časťou spaľovacej komory,
- 2 ako bezroštové kotly - vybavené zariadením pre vnútornú dopravu popola;
3. vybavený výmurovkou - keramickou vložkou vo vnútri kotla

ZÁVERY

1. Biopalivo na báze slamy je z energetického aspektu výrazne odlišné (nízko-kalorické palivo) a porovnanie so zemným plynom a naftou (ušľachtilé vysoko-kalorické palivo) je len ťažko akceptovateľné. Ako palivo je celkom odlišne klasifikované.
2. Pri horení slamy sú intenzívne uvoľňované prchavé látky, ich obsah je cca 46 %.
3. Obsah popola je závislý od druhu slamy, jeho obsah je obyčajne od 4 do 7 %.
4. Kotly na slamu, pracujúce v nízko-teplotnom režime, sú vybavené s predradenou spaľovacou komorou, v ktorej prebieha suchá destilácia – pyrolýzny rozklad slamy na pyrolýzny plyn. Kotly pracujúce vo vysoko-teplotnom režime vyžadujú vyriešiť otázku tavenia popolov, pre odstránenie čoho sa montujú komplikované drtiče a dopravníky.
5. Pri priamej adaptácii – rekonštrukcii plynového kotla na kotol pre spaľovanie slamy sa získava energetická jednotka s podstatne nižším výkonom, o cca 25% vzťahnuté k výkonu pôvodného kotla na zemný plyn.
6. Vlastnosti slamy ako paliva si vyžadujú špeciálnu konštrukciu kotlov pokiaľ sa majú vyrovnáť kotlom spaľujúcim klasické fosílné palivá.