

## Príprava brikiet na báze dezintegrovaných fyto-surovín a prímiesí jemnozrnného uhlia a koksu

Ján Bejda<sup>1</sup>, Milan Labaš<sup>1</sup>, Slavomír Hredzák<sup>1</sup>, Michal Lovás<sup>1</sup>, Štefan Jakabský<sup>1</sup>

### Preparation of briquettes on the basis of desintegrated phyto-materials and the admixture of fine-grained coal and coke

The contribution deals with the preparation of small-diameter briquettes on the basis of desintegrated phyto-materials and the admixture of coal and coke. The phyto-materials are classified as a dry biomass that can be, on the one hand, the wastes from wood-working industry, (sawdust, chips, bark, etc.) or dried mass from the plant production and, on the other hand, the mass of quick-growing plants cultivated on special plantations. In present time this renewable energy resource attracts attention by its heating value ranging from 10 to 16 MJ.kg<sup>-1</sup> (EkoWATT, 2001), a low ash content of 0.5 – 6.5 % and by a low sulphur content in a water free sample of 0.05 – 0.12 %.

As a phyto-material the spruce sawdusts having a grain size of –2 mm were used. The admixture of brown coal, hard coal and coke with a grain size of 0.040 mm was added to the sawdust and in such way prepared mixtures were subjected to briquetting with the aim to obtain small-diameter briquettes. The influence of admixtures amount on the density, and the suitable briquetting press have been studied. A saleability of briquettes on the basis of phyto-materials is conditioned by their density that must be higher than 1,000 kg.m<sup>-3</sup>. Thus, an adding of denser material with a relatively high calorific value would enable to attain the required density as well as to retain and/or to improve the main utility properties, i.e. calorific value and ash content.

The adding evinces itself in an enhancement of briquetting press, but also density of obtained briquettes is often much higher that required by the market. It was showed that in the case of clear spruce sawdust the density of 1,059 kg.m<sup>-3</sup> under the briquetting press of 250 MPa can be attained. According to other results, an admixture of brown coal is not very favourable because briquetting press exceeds the value of 300 MPa. As to hard coal adding, the presses under 250 MPa were achieved at the content of 25 – 30 %. The density of these briquettes ranges from 1,050 – 1,085 kg.m<sup>-3</sup>. The best results have been obtained by adding coke. The briquetting press lower than 250 MPa has already been attained at the coke content of 15 %. The further increase of the coke content up to 30 % resulted in the briquetting press of 185 MPa. The density of briquettes with the admixture of coke was from 1,037 to 1,063 kg.m<sup>-3</sup>.

**Key words:** briquettes, phyto-material, coke, coal, density, briquetting press.

### Úvod

Do skupiny fyto-surovín patrí rôznyi odpad po spracovaní dreva, predovšetkým piliny a štiepky, ďalej rôzne vysušené zelené odpady z rastlinnej výroby, ako aj na tzv. energetických plantážach pestované rýchlorastúce rastliny s veľkými hektárovými výnosmi rastlinnej hmoty. Fyto-suroviny možno klasifikovať ako suchú biomasu, ktorej hlavným spôsobom využitia je spaľovanie v malých energetických zariadeniach. Ich najväčšou výhodou je všeobecná dostupnosť a zaujímavé hodnoty výhrevnosti. Výhrevnosť fyto-surovín sa pohybuje v závislosti od obsahu vody od 10 do 16 MJ.kg<sup>-1</sup>, čo je porovnateľné s výhrevnosťou hnedého uhlia, ktorá sa spravidla pohybuje v intervale od 9 do 17 MJ.kg<sup>-1</sup> (EkoWATT, 2001). Ďalšou výhodou fyto-surovín je nízky obsah popola 0,5 - 6,5 % v bezvodnej vzorke a síry 0,05 - 0,12 % (Hejtf, 2000). Naopak, ich najväčšou nevýhodou je nízka objemová, resp. sypná hmotnosť, čo spôsobuje komplikácie a zvýšené náklady pri manipulácii s nimi a ich skladovaní.

V tomto príspevku je popísaná príprava brikiet zo zmesi vybraného druhu fyto-suroviny – smrekových pilín a jemnozrnných konvenčných palív, t.j. hnedého a čierneho uhlia, ako aj koksu. Pri príprave týchto brikiet sa sledovala závislosť lisovacieho tlaku a objemovej hmotnosti vytvorenej brikiety pri rôznych pomeroch zastúpenia fyto-suroviny a daného druhu klasického paliva. Cieľom tohto výskumu bolo overiť vhodnosť pridávania práškových palív do zmesi s fyto-surovinami pre výrobu brikiet.

Je potrebné pripomenúť, že pre automatické spaľovanie brikiet v malých a stredných kotloch sa vyrábajú valcovité brikiety s priemerom 6 – 15 mm, ktorých dĺžka dosahuje 2 až 3 násobok priemeru. Pre takéto malé brikiety, na báze podrvenej a vysušenej fyto-masy, sa v praxi často používa aj názov pelety.

### Popis experimentálnych metód a použitého materiálu

Brikiety boli vyrábané v oceľovom prípravku, ktorý pozostával z hrubostenného valcového puzdra a dvoch oceľových trňov. Vnútorňý priemer valcového puzdra bol 7 mm. Oceľové trne mali rôznu dĺžku a po ich zatlačení na čelá puzdra, ostal vo vnútri voľný priestor s výškou 13 mm. Rôzna dĺžka trňov bola nutná kvôli veľkým voľným násypným objemom skúšaných fyto-surovín. Do spodného čela valcového puzdra sa vkladal kratší trň, následne sa do valcového otvoru vsypala skúšaná vzorka, ktorá bola stláčaná vrchným dlhším trňom. Pre stláčanie bol použitý lis s maximálnou pritlačnou silou 50 kN, rýchlosť pohybu čelustí lisu bola konštantná, a to 5 mm.min<sup>-1</sup>.

<sup>1</sup> RNDr. Ján Bejda, PhD., Ing. Milan Labaš, Ing. Slavomír Hredzák, PhD., RNDr. Michal Lovás, PhD., Ing. Štefan Jakabský, PhD., Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice, [bejda@saske.sk](mailto:bejda@saske.sk)  
(Recenzovaná, revidovaná verzia dodaná do 10.12.2001)

Smrekové piliny boli pripravené drvením v dezintegrátore a triedením na site s okatnosťou 2 mm. Pre zhotovenie brikiet bol použitý podsitný produkt. Uhlie a koks sa podrobili mletiu vo vibračnom mlyne a triedeniu. Po tejto úprave sa pridávali ako prímies k pilinám. Zrornosť pridávaného materiálu bola  $-70 \mu\text{m}$ .

Celková navážka pre zhotovenie jednej brikiety bola konštantná, t.j. 0,7 g, menilo sa percentuálne zastúpenie smrekových pilín a jemnozrných palív podľa nasledujúcej schémy. Prvé číslo označuje podiel smrekových pilín v zmesi [g] a druhé číslo označuje podiel práškového paliva v zmesi [g]: 0,665+0,035, 0,630+0,070, 0,595+0,105, 0,560+0,140, 0,525+0,175 a 0,490+0,210, čo predstavuje 5%, 10%, 15%, 20%, 25% a 30%-ný hmotnostný podiel práškového paliva v zmesi. Okrem toho sa pre porovnanie vyrobilo niekoľko brikiet z čistých smrekových pilín.

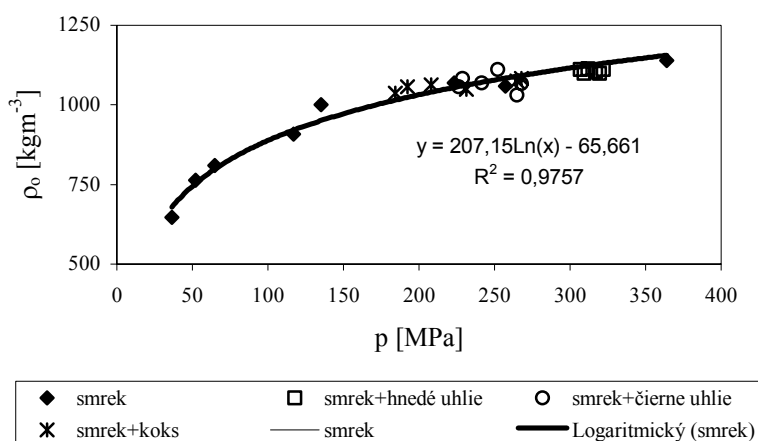
Pri zhotovovaní brikiet bol zvolený nasledujúci postup: Po navážení potrebných množstiev jednotlivých surovín sa zmes homogenizovala v trecej miske, následne sa vsypala do prípravku, ktorý sa vložil medzi čelúste lisu a postupne sa zaťažoval pri konštantnej rýchlosti pohybu čelústí lisu. Zaznamenávala sa maximálna dosiahnutá prítláčna sila do zatlačenia oceľových trňov na čelá oceľového valca. Po ukončení zatlačovania sa briкета vybrala z prípravku a zistili sa jej rozmery a hmotnosť. Z nameraných hodnôt sa určila objemová hmotnosť vyrobených brikiet a dosiahnutý osový tlak. Všetky briкеты, vyrobené z uvedených zmesí, boli celistvé a nerozpadavé. Objemová hmotnosť brikiet bola vo všetkých prípadoch vyššia ako  $1000 \text{ kgm}^{-3}$ .

### Výsledky a diskusia

Krivka na obr. č. 1. predstavuje závislosť objemovej hmotnosti brikiety od tlaku pre briкеты, ktoré sú vyrobené len z čistých vytriedených smrekových pilín, pričom túto závislosť možno popísať nasledujúcou rovnicou:

$$\rho_0 = 207,15 \cdot \ln(p) - 65,661, \quad (1)$$

kde  $\rho_0$  je objemová hmotnosť [ $\text{kgm}^{-3}$ ] a  $p$  je osový tlak [MPa].



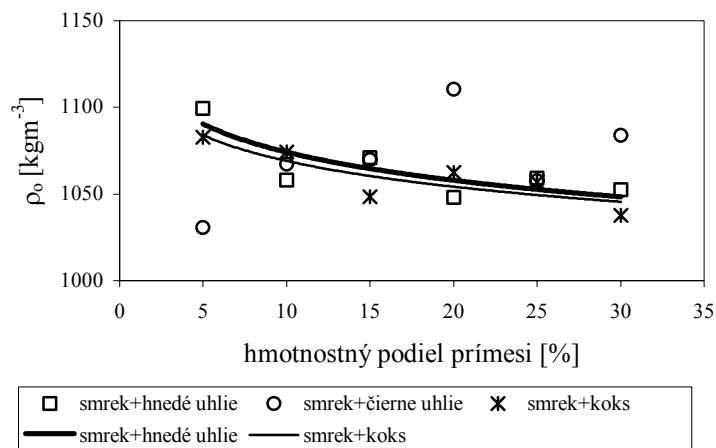
Obr.1. Závislosť objemovej hmotnosti brikiety  $\rho_0$  od dosiahnutého osového tlaku  $p$ .  
Fig.1. Dependence of briquette density  $\rho_0$  on attained axis press  $p$ .

Ako vidno z obrázku č. 1, sú v podstate všetky ďalšie body, ktoré patria k briketám vyrobeným z jednotlivých zmesí, rozložené v zhode s preloženou regresnou krivkou. Pri zmesi smreku a koksu je dokonca zachovaná aj tendencia, vyjadrená rovnicou regresie. Body prislúchajúce zmesi smreku a čierneho uhlia vytvárajú zhluk bodov, pri ktorom nie je možné určiť

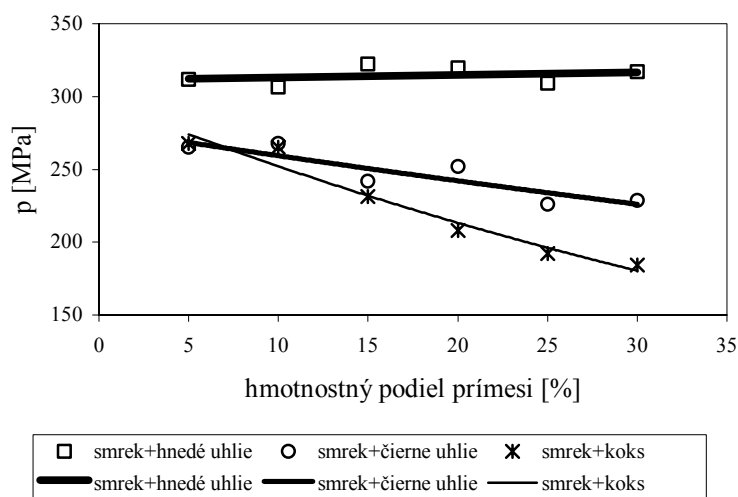
nijaký trend. Body prislúchajúce zmesi smreku a hnedého uhlia tvoria úzko lokalizovaný zhluk bodov.

V súvislosti so znižujúcim sa voľným násypným objemom zmesí pri zvyšujúcom sa percentuálnom podiele práškových energetických surovín bola očakávaná tendencia mierneho znižovania, resp. stagnácie hodnôt objemovej hmotnosti vyrobených brikiet, vzhľadom na hodnoty mernej hmotnosti použitých surovín. To sa prejavilo pri zmesi smrekových pilín s hnedým uhlím, ako aj pri zmesi s koksom, pričom pokles bol mierny a bolo možné ho popísať logaritmickými rovnicami. V prípade zmesi s čiernym uhlím sú výsledky nejednoznačné, dokonca možno hovoriť o určitom zvýšení objemovej hmotnosti brikiet so zvyšujúcim sa podielom uhlia v zmesi (viď obr. 2).

Na obr. č. 3 je znázornená závislosť lisovacieho tlaku od percentuálneho podielu práškových palív v zmesi. V súvislosti s veľkosťou lisovacieho tlaku pre výrobu brikiet sa očakával pokles hodnoty lisovacieho tlaku s narastajúcim percentuálnym podielom práškových prímiesí. Táto tendencia sa najvýraznejšie prejavila pri zmesi smrekových pilín a koksu, menej výrazne pri zmesi s čiernym uhlím, pri oboch zmesiach ju možno popísať lineárnymi rovnicami. Pri zmesi s hnedým uhlím sa táto tendencia vôbec neprejavila a hodnota lisovacieho tlaku tejto zmesi ostávala viac-menej konštantná a najvyššia zo všetkých prípadov.



Obr. 2. Závislosť objemovej hmotnosti brikiet  $\rho_0$  od percentuálneho zastúpenia pridaného práškového paliva v zmesi.  
Fig. 2. The dependence of briquette density  $\rho_0$  on the percentage content of added powder fuel.



Obr. 3. Závislosť osového tlaku  $p$  pri výrobe brikiety od percentuálneho zastúpenia pridaného práškového paliva v zmesi.  
Fig. 3. The dependence of axial press on the percentage content of added powder fuel at briquette preparation.

### Záver

Hlavným cieľom tejto práce bolo zistiť, či je možné pridaním určitého množstva jemnozrnných palív ovplyvniť veľkosť potrebného lisovacieho tlaku pri výrobe brikiet na báze fytosurovín, pričom objemová hmotnosť takýchto brikiet by mala byť väčšia ako 1000 kgm<sup>-3</sup>. Na výrobu malopriemerovej brikiety s hmotnosťou 0,7 g a s objemovou hmotnosťou 1059 kgm<sup>-3</sup> z čistých smrekových pilín je potrebný lisovací tlak vyšší ako 250 MPa. Pri zmesi s hnedým uhlím boli hodnoty lisovacieho tlaku takmer rovnaké bez ohľadu na podiel uhlia v zmesi a vždy vyššie ako 300 MPa. Pri zmesi s čiernym uhlím boli hodnoty nižšie ako 250 MPa dosiahnuté až pri 25 a 30%-nom hmotnostnom podiele uhlia, pričom objemové hmotnosti týchto brikiet boli od 1050 do 1085 kgm<sup>-3</sup>. Najlepšie výsledky boli dosiahnuté pri zmesi s koksom, pri ktorej boli lisovacie tlaky nižšie ako 250 MPa pri 15%-nom hmotnostnom podiele koks v zmesi a jeho ďalším zvyšovaním bol pokles lisovacieho tlaku zrejmy, pri 30%-nom podiele dosiahol hodnotu 185 MPa. Objemové hmotnosti týchto brikiet boli v rozsahu 1037-1063 kgm<sup>-3</sup>.

Predložený príspevok vznikol v rámci riešenia grantového projektu VEGA č. 2/7078/20.

### Literatúra

- Využití energie biomasy. Středisko pro obnovitelné zdroje a úspory energie, EkoWATT, 2001.  
HEJFT, R.: Wykorzystanie odpadów pochodzenia roślinnego do celów energetycznych. In: Zborník konferencie „Recyklace odpadů IV“, VŠB-TU Ostrava, 2000, s. 165-173.