

Comparison of the Caloric Value of Selected Wood Species

Porovnanie spalného tepla a výhrevnosti vybraných druhov drevín

Nikoleta Ulbriková^{1,*}, Danica Kačíková¹, Štefan Galla²

¹ Department of Fire Protection, Technical University in Zvolen, T.G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovakia; xszirmaiova@is.tuzvo.sk, kacikova@is.tuzvo.sk

² Fire Research Institute of the Ministry of Interior, Rožňavská 11, 831 04 Bratislava, Slovakia; stefan.galla@minv.sk

* Corresponding author: xszirmaiova@is.tuzvo.sk

Original scientific paper

Received: October 18, 2019; Accepted: December 02, 2019; Published: December 31, 2019

Abstract

The aim of this paper is to define and to interpret gross calorific value, net calorific value and ash content when considering chosen wood species that are used in woodworking industry the most often – spruce and oak wood. Gross calorific value was measured by calorimeter system IKA C 5000 according to STN ISO 1928 Solid fuels [6]. Samples of spruce, oak and their mixtures were tested for gross calorific value in dry conditions. Consecutively the gross calorific value was converted to humidity $w = 8\%$ according to STN ISO 1928 Solid fuels. Calorimetric rating of gross calorific value and net calorific value were measured on three samples of each wood species. The results showed the highest average gross calorific value achieved by sample of oak wood dust (19,202 J·s⁻¹). It means that oak wood dust released the biggest amount of heat when burning. Average values of gross calorific values and net calorific values were comparable.

Keywords: Ash content; Gross calorific value; Net calorific value; Oak; Spruce

1 Introduction

Wood is a natural material often used in building industry. When processing wood, fire protection is crucial. Wood dust as a side product of wood working (sawing, planing, milling and grinding) is a natural part of timber processing factories. Wood dust is posing much higher risk than a compact wood. Wood dust from grinding is extremely flammable and in certain conditions it can create explosive dust-air mixture. When storing the wood properly, it preserves its energy content.

It is considered as a main advantage of this material. Its energy content is relatively higher in first 2 – 3 years because of process of drying.

1 Úvod

Drevo je prírodný materiál, ktorý sa často využíva v stavebnom priemysle. Počas spracovania dreveného materiálu, treba klásť veľký dôraz na dodržiavanie zásad protipožiarnej bezpečnosti. Drevný prach je neodmysliteľnou súčasťou drevárskych prevádzok, vzniká pri mechanickom opracovaní dreva (pílení, hobľovaní, frézovaní a brúsení) a z hľadiska rizika vzniku požiaru je podstatne nebezpečnejší ako kompaktné drevo. Drevný prach, ktorý sa vytvára najmä pri brúsení, je prudko horľavý a môže za určitých okolností vytvárať so vzduchom výbušnú zmes.

Veľkou výhodou dreva je fakt, že pri správnom skladovaní si zachováva svoj energetický obsah.

This fact is very important, because humidity in wood is being released only while burning and net calorific value is decreasing. When combusting dump wood, the combustion temperature is lowering as well. This leads to oxidation of all of the flammable elements and fuming occurs [1]. If combusting at the optimal temperature, the wood burns almost without smoke and it is easily flammable. There is no dirt when manipulating the wood and little of ash is produced (approximately 1% of the original mass). The ash can be used as a fertilizer [2,3].

Woodworking industry is one of the most mined out branches of industry. This fact lead to a number of studies focused on physicochemical and fire-technical properties of wood dust (maximum explosion pressure, pressure rise rate, minimum ignition energy, amount of released energy during the explosion, weight-shortage, parameters influencing combustion heat) in the last three decades to prevent breaking out the fire and explosion in woodworking industry [4,5].

The aim of this paper is to define and to interpret gross calorific value, net calorific value and ash content when considering chosen wood species that are used in woodworking industry the most often.

2 Material and Methods

For coniferous wood were chosen spruce and for hard wood oak as the representative samples.

Gross caloric value was measured by calorimeter system IKA C 5000 according to STN ISO 1928 Solid fuels [6]. Samples of spruce, oak and their mixtures were tested for gross caloric value in dry conditions. Consecutively the gross caloric value was converted to humidity $w = 8\%$ according to STN ISO 1928 Solid fuels. Calorimetric rating of gross caloric value and net calorific value were measured on three samples of each wood species.

Based on grain size analysis, the most numerous fraction was chosen, which is $5 - 1.0\ \mu\text{m}$ from each sample. Measurements were done on samples of pure wood and mixtures of wood and bark as well.

The procedure for ash determination was based on the requirements of the standard STN Počas prvých dvoch až troch rokov je jeho energetický obsah pomerne zvýšený. Je to spôsobené skutočnosťou, že drevo v tomto období sa

suší. Je to dôležitá skutočnosť, pretože vlhkosť v dreve sa uvoľňuje len pri spaľovaní, kedy naopak výhrevnosť klesá. Pri spaľovaní vlhkého dreva sa znižuje aj teplota spaľovania, ktorá vedie k nesprávnej oxidácii všetkých horľavých prvkov a dochádza k dymeniu [1]. Počas spaľovania pri optimálnej vlhkosti dreva, sa drevo spaľuje prakticky bez dymu a je ľahko zápalné. Počas manipulácie s ním sa netvorí nečistoty a vzniká z neho málo popola (približne 1% pôvodnej hmotnosti), ktoré sa môže použiť ako hnojivo [2,3].

Drevársky priemysel patrí medzi najvyťaženejšie odvetvia priemyslu, a preto sa počas posledných troch desaťročí mnohé štúdie zamerali na skúmanie fyzikálnochemických a požiarotechnických vlastností dreveného prachu (maximálny výbuchový tlak, rýchlosť nárastu tlaku, minimálna energia vznietenia, minimálna teplota vzplanutia, množstvo uvoľnenej energie počas výbuchu, úbytok hmotnosti, parametre ovplyvňujúce spalné teplo), aby sa predišlo vzniku požiaru a výbuchu v drevárskom priemysle [4,5].

Cieľom práce bolo určiť a vyhodnotiť spaľovacie teplo, výhrevnosť a obsah popola vybraných druhov drevín, ktoré sa najčastejšie spracovávajú v drevospracujúcom priemysle.

2 Materiál a metódy

Spalné teplo bolo merané kalorimetrickým systémom IKA C 5000 podľa normy STN ISO 1928 Tuhé palivá [6]. Zisťované boli hodnoty spalných tepiel pre skúšobné vzorky zo smrekového, dubového dreva a pre ich zmesi v absolútne suchom stave. Následne sa vykonal prepočet spalného tepla na vlhkosť $w = 8\%$ podľa uvedenej normy. Kalorimetrické stanovenie spalného tepla a výhrevnosti bolo uskutočnené na troch vzorkách z každej dreviny.

Na základe sitovej analýzy bola vybraná pre potreby stanovenia najpočetnejšia frakcia a to frakcia $0,5 - 1,0\ \mu\text{m}$ z každej vzorky. Merania sa vykonávali na vzorkách čistého dreva ako aj na vzorkách zmesi dreva s kôrou.

Pri stanovení obsahu popola sme postupovali podľa požiadaviek normy STN ISO 1171: 2003 (44 1378): Tuhé minerálne palivá - Stanovenie popola [7]. Podstatou metódy je spaľovanie vzorky, ktorá sa zahrieva na vzduchu pri teplote $815\ ^\circ\text{C} \pm 10\ ^\circ\text{C}$, je špecifikovaná

ISO 1171: 2003 (44 1378): Solid mineral fuels- Determination of ash [7]. The principle of the method is the incineration of the sample, which is heated in air at a temperature of $815\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, specified at a rate and maintained at that constant temperature. The ash content is calculated from the mass of the residue after incineration.

3 Results and Discussion

Results of the gross calorific value analysis are illustrated in the Figure 1.

rýchlosťou a udržiavaná pri tejto konštantnej teplote. Obsah popola sa vypočíta z hmotnosti zvyšku po spálení.

3 Výsledky a diskusia

Výsledky analýz zameraných na stanovenie spaľovacieho tepla sú znázornené a na obrázku 1.

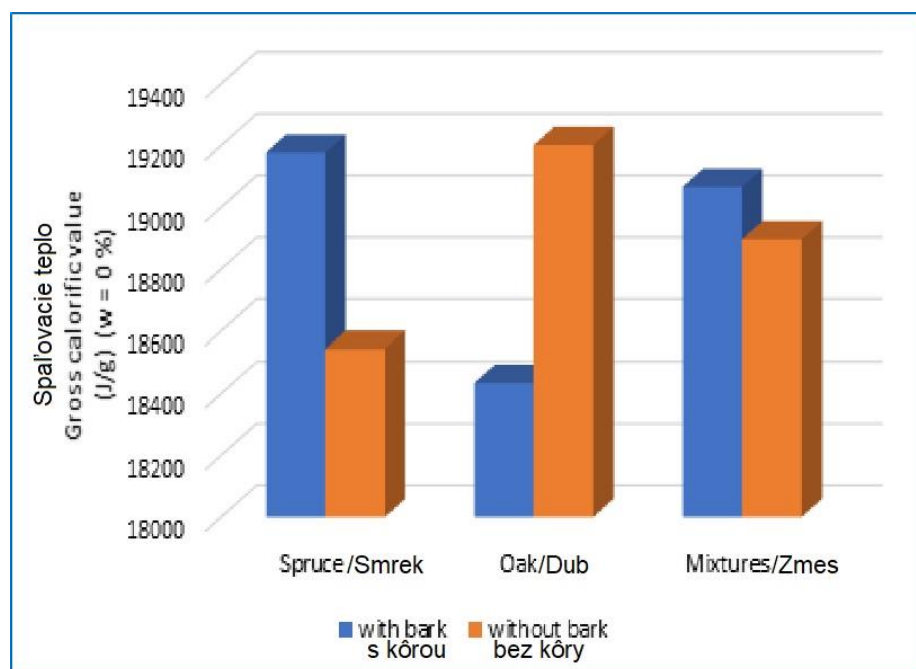


Figure 1. Gross calorific value (average) at humidity 0 %

Obrázok 1. Priemerné hodnoty spalného tepla pri vlhkosti 0 %

The comparison of average values of wood dust samples (Figure 1) shows that gross caloric value and net caloric values of given wood species are not basically different. The impact of humidity (Table 1) is significant, whereas values of gross caloric vales of absolutely dry samples were more than $18,000\text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$. When rising humidity, measured values decreased. When humidity $w = 8\%$, values of gross caloric values achieved approximately $17,000\text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$.

Similar results were observed by Günther, absolutely dry samples of spruce wood shown measured value $18,600\text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$, for samples of oak wood was measured value $19,126\text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$ [8].

Zo vzájomného porovnania priemerných výsledných hodnôt jednotlivých vzoriek prachu (Obrázok 1), vyplýva, že hodnoty spalného tepla ako aj hodnoty výhrevnosti sa pre jednotlivé druhy drevín zásadne nelíšia. Výrazne sa ale prejavil vplyv vlhkosti (Tabuľka 1), keďže absolútne suché skúšobné vzorky zo všetkých drevín mali hodnoty spalného tepla viac ako $18\text{ }000\text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$. So vzrastajúcou vlhkosťou klesali aj namerané hodnoty. V prípade vlhkosti $w = 8\%$ hodnoty spalného tepla dosahovali cca $17\text{ }000\text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$.

Podobné výsledky vo svojej práci zaznamenali aj ďalší autori Günther, pre absolútne suché skúšobné vzorky smrekového dreva zaznamenal hodnotu $18\text{ }600\text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$, pre skúšobné vzorky

dubového dreva zaznamenal hodnotu $19\ 126\ \text{J}\cdot\text{s}^{-1}$ [8].

Table 1 Results of the calorimetric rating

Tabuľka 1 Výsledky kalorimetrického stanovenia

Wood species	Gross Calorific Value [$\text{J}\cdot\text{s}^{-1}$]				Net Calorific Value [$\text{J}\cdot\text{s}^{-1}$]				Ash content	
	with bark /s kôrou		without bark /bez kôry		with bark /s kôrou		without bark /bez kôry		with bark /s kôrou	without bark /bez kôry
	w = 0 [%]	w = 8 [%]	w = 0 [%]	w = 8 [%]	w = 0 [%]	w = 8 [%]	w = 0 [%]	w = 8 [%]	w%	w%
Oak	18,434	16,960	19,202	17,666	17 126	15 561	17 872	16 247	0.46	0.31
Spruce	19,177	17,643	18,543	17,060	17 847	16 224	17 191	15 620	0.21	0.34
Mixture	19,066	17,540	18,896	17,385	17 746	16 131	17 555	15 955	0.17	0.24

The highest ash content was shown in samples of oak with bark. The values of ash content were in range of 0.46 ± 0.18 mass %. The lowest ash content was observed in the mixture of selected woods with bark in Table 1 (0.17 ± 0.15 mass %).

Calorimetric rating of gross caloric value and net calorific value according to STN ISO 1928 was measured on the most numerous fraction $0.5 - 1.0\ \mu\text{m}$ for all the wood dust samples.

4 Conclusions

The results showed the highest average gross caloric value achieved by sample of oak wood dust ($19,202\ \text{J}\cdot\text{s}^{-1}$). It means that oak wood dust released the biggest amount of heat when burning. Average values of gross caloric values and net calorific values when speaking about fire safety are comparable.

Acknowledgments

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-17-0005 (50 %). This work was supported by the VEGA Agency under the project No. 1/0493/18 (50 %).

References / Literatúra

- [1] Majlingová, A.: Forest fires - The current state of solving problems in the conditions of Slovakia. Crisis Management, 2015 (1): 47-56.
- [2] Ladomerský, J.: Emission analysis and minimization from the wood waste combustion. Wood Research, 2000, 45 [4]: 33-44.

Najvyšší obsah popola sa dosiahol pri vzorkách duba s kôrou. Hodnoty obsahu popola boli v rozmedzí $0,46 \pm 0,18$ hmot.%. Najnižší obsah popola bol zaznamenaný pri zmesi vybraných drevín s obsahom kôry ($0,17 \pm 0,15$ hmot.%), vid' tabuľka 1.

Kalorimetrické stanovenie spalného tepla a výhrevnosti podľa STN ISO 1928, bolo uskutočnené na najpočetnejšej frakcii a to frakcii $0,5 - 1,0\ \mu\text{m}$ pre všetky vzorky drevných prachov.

4 Záver

Z nameraných výsledkov možno konštatovať, že najvyššiu priemernú hodnotu spalného tepla dosiahla vzorka drevného prachu dubu ($19\ 202\ \text{J}\cdot\text{s}^{-1}$). To znamená, že drewný prach duba uvoľňuje najväčšie množstvo tepla pri horení. Priemerné hodnoty spalného tepla sú z požiarno-bezpečnostného hľadiska porovnateľné.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-17-0005 (50 %) a grantovou agentúrou MŠVVaŠ VEGA č. projektu 1/0493/18 (50 %).

- [3] Martinka, J., et al.: Assessment of the impact of heat flux density on the combustion efficiency and fire hazard of spruce pellets. *European Journal of Environmental and Safety Sciencis. ESRI*. Vol. 1, Issue 1. 2013. ISSN 1339-472X
- [4] Buß, F., WIRTZ, S., SCHERER, V.: Influence of stoking on the combustion of beech wood particles of different shape in an agitated bed. In: *Experimental Thermal and Fluid Science*. Vol. 95. 2018. 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2018.01.009>
- [5] Lee, M. Ch., Kim, Y. S., Rie, D. H.: Analysis of explosion characteristics of combustible wood dust in confined system using the thermal decomposition rate and mass loss rate. In: *Applied Thermal Engineering*. 109 (2016). 432 – 439.
- [6] STN ISO 1928:2003-07. Solid fuels. Determination of gross calorific value and calculation of heating value.
- [7] STN ISO 1171: 2003 (44 1378), Solid mineral fuels. Determination of ash.
- [8] Günther, B. et al.: Calorific value of selected wood species and wood products. *Wood Prod.* 2012: 70:755-757. DOI 10.1007/s00107-012-0613-z