

## Sušičky drevnej štiepky a energetická bilancia sušenia

Autor: Ing. Peter Matisko, Ph.D.

### Úvod

Sušička drevnej štiepky je technologické zariadenie určené na zníženie vlhkosti drevnej hmoty pomocou toku vzduchu. Hlavnou motiváciou sušenia je zvýšenie výhrevnosti drevnej štiepky určenej na spaľovanie. Sušička môže pracovať so vzduchom rôznej teploty a rôzneho prietoku. Tieto dva parametre udávajú výkon sušičky, ktorý sa vyjadruje ako množstvo štiepky vysušenej za hodinu o požadované percentné body vlhkosti.

Charakteristiky drevnej štiepky a proces sušenia bude vysvetlený v nasledujúcich sekciách. Zdôrazníme ekonomickú výhodnosť sušenia predovšetkým v tých aplikáciách, ktoré využívajú ako zdroj energie odpadové teplo z iného priemyselného procesu.

### Charakteristika drevnej štiepky

Drevná štiepka je drevná hmota v malých kusoch s maximálnou veľkosťou definovanou typom štiepky (napríklad G30, G50). Získava sa buď štiepkovaním častí stromu, alebo ako odpad pri drevospracujúcej výrobe. Samotné zloženie štiepky nemusí byť presne definované a dodávka môže obsahovať kusy z rôznych druhov drevín. Dodávka štiepky daného typu, napríklad G30, by nemala obsahovať prachové častice a piliny.

Vlhkosť čerstvej drevnej štiepky sa pohybuje od 50-75% v závislosti od druhu dreva a množstva vlhkosti v danej lokalite v čase výrubu, prípadne počas skladovania a prepravy. Voda sa v dreve vyskytuje v troch podobách - voľná, viazaná v bunkových stenách a chemicky viazaná. Voľnú vodu je možné vysušiť najjednoduchšie a spravidla sa tak deje sušením vonku, ktoré môže trvať niekoľko mesiacov. Viazanú vodu je možné odstrániť sušením pri vyšších teplotách, kde už dochádza k narušeniu štruktúry dreva a voda sa môže dostať von z kapilár. Molekulárnu vodu je možné odstrániť len chemickým rozkladom dreva. To sa pri bežnom sušení nedeje.

Voda je látka s veľmi vysokou tepelnou kapacitou aj skupenským teplom. Z toho vyplýva, že čím viac vody sa nachádza v palive, tým viac energie so sebou vezme v podobe pary. Pre porovnanie - skupenské teplo alkoholu etanolu je 896 kJ/kg, naproti tomu voda potrebuje na zmenu skupenstva na paru až 2250 kJ/kg. Prítomnosť vody v palive, či už drevo alebo uhlie, výrazne znižuje jeho výhrevnosť. Voda zároveň podporuje vznik dechtov a ďalších látok, ktoré majú nielen environmentálny vplyv, ale spôsobujú zanášanie komínov a horšie horenie. Výsledkom sú vyššie náklady na samotnú prevádzku spaľovania.

Hlavnou motiváciou sušenia dreva alebo štiepky je zvýšenie výhrevnosti a zlepšenie samotného procesu horenia. Vnútoraná vlhkosť má na výhrevnosť zásadný vplyv. Pri vlhkosti 60% sa výhrevnosť pohybuje okolo **6MJ/kg**, oproti tomu, po vysušení na 20% vlhkosť je výhrevnosť dreva až okolo **14MJ/kg**. Pre porovnanie, výhrevnosť absolútne suchého dreva je v rozmedzí 17-20MJ/kg podľa druhu dreveniny.

So sušením na nižšie hodnoty ako 20% nastávajú komplikácie v podobe proti požiarnej ochrany a normách o výbušnom prostredí. Niektoré prevádzky teplární a malých elektrární môžu spracovať štiepku s minimálnou vlhkosťou 25-30%.

## Sušenie a zdroje energie

Sušenie drevnej štiepky môže prebiehať pomocou ohrevu dreva na teplotu nad 100°C. V tomto prípade nastáva aktívne odparovanie vody z drevnej hmoty. Výsledná vlhkosť môže dosahovať hodnoty 2-5%. Nevýhodou tohto postupu je nutnosť zdroja tepla s vysokou teplotou. V praxi sa ako zdroj tepla často využíva spaľovanie zemného plynu, čo výrazne predražuje celý proces.

Ako ideálnym zdrojom tepla sa javí odpadové teplo výrobných závodov, teplární, elektrární a bioplynových staníc. Celková účinnosť týchto procesov nie je vyššia než 40%. Značné množstvo tepla sa ochladí do vzduchu bez ďalšieho úžitku. V teplárni s výkonom 100MW môže využiteľné odpadové teplo činiť 30-40MW.

Stratové teplo sa odvádza v podobe pary s teplotou 60-90°C. Para v chladiči kondenzuje na vodu a ochladí sa. Ochladená voda sa vracia naspäť do systému. Toto odpadové teplo je pomerne ťažko využiteľné a v posledných rokoch sa na to nekládol žiadny zvláštny dôraz. V súčasnosti Európska únia usiluje o zvýšenie efektivity priemyslu a zníženie emisií. Na využitie odpadového tepla bude v nasledujúcich rokoch narastať predovšetkým legislatívny tlak.

## Proces sušenia

Uvažujeme sušenie tokom vzduchu s teplotou 60-80°C. Vzduch ohreje drevnú hmotu a odoberá vlhkosť z jej povrchu. rozdiel vlhkosti v rámci drevnej hmoty vytvára prúdenie vody z vnútra smerom von. Vyššia teplota sušenia zrýchľuje proces prestupu vlhkosti v rámci drevnej hmoty. Ďalším významným vplyvom teploty je kapacita absorpcie vody vzduchom. Pre tieto dve veličiny neexistuje jednoduchá závislosť, preto uvádzame niekoľko hodnôt. Pravý stĺpec uvádza množstvo vody, ktoré je vzduch schopný prijať pri danej teplote až do bodu nasýtenia.

Tabuľka 1 - Množstvo vody vo vzduchu v závislosti na teplote vzduchu

Teplota [°C]	Množstvo vody vo vzduchu [g/kg]	Množstvo vody vo vzduchu [g/m <sup>3</sup> ]
0	4	3
10	8	6
20	15	11
50	86	66
60	157	128
70	286	246
80	522	468

Z tabuľky je vidieť výrazný nárast kapacity vzduchu absorbovať vodu s rastúcou teplotou. Nižšia teplota vzduchu vedie k nutnosti vyššieho prietoku a dlhšieho času sušenia. Celková spotrebovaná energia je daná nasledujúcim vzťahom

$$Q = q\rho c(t_s - t_0), \quad (1)$$

kde  $Q$  [kJ/s] je teplo v [kJ] odvedené sušiacim vzduchom za sekundu,  $q$  je prietok vzduchu v [m<sup>3</sup>/s],  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] je hustota vzduchu pri teplote okolia,  $c$  je merná tepelná kapacita vzduchu v [kJ/kg/°C],  $t_s$  je teplota sušiaceho vzduchu v [°C] a  $t_0$  je teplota vonkajšieho vzduchu v [°C]. Typické hodnoty konštánt sú  $\rho = 1,3$  kg/m<sup>3</sup> a  $c = 1$  kJ/kg/°C.

Množstvo dostupného tepla z chladiacej pary, resp. vody sa vypočíta obdobne s uvážením merného skupenského tepla vody. Pokiaľ je na vstupe chladiča para a na výstupe voda, odovzdaná energia je súčtom kondenzačnej energie a energie ochladenia vody. Merné skupenské teplo vody je 2250 kJ/kg. Merná tepelná kapacita vody je 4,18 kJ/kg/°C.

Príklady s rôznymi parametrami sušenia. Doba sušenia 1h v oboch prípadoch.

A)

*Vstup* - štiepka s vlhkosťou 50% a hmotnosťou 28t.

*Výstup* - štiepka s vlhkosťou 30% a hmotnosťou 20t.

*Parametre sušenia.* Vonkajšia teplota 10°C. Teplota sušenia 60°C. Prietok vzduchu 44 m<sup>3</sup>/s. Odobraný tepelný výkon 3MW.

B)

*Vstup* - štiepka s vlhkosťou 50% a hmotnosťou 28t.

*Výstup* - štiepka s vlhkosťou 20% a hmotnosťou 17t.

*Parametre sušenia.* Vonkajšia teplota 10°C. Teplota sušenia 70°C. Prietok vzduchu 40 m<sup>3</sup>/s. Odobraný tepelný výkon 3,2MW.

## Zhrnutie

V tomto článku sme zhrnuli základné poznatky zo sušenia drevnej štiepky a zdôraznili závislosť výhrevnosti dreva na vlhkosti. Čím nižšia vlhkosť, tým viac energie je možné získať z rovnakého množstva dreva. Vybudovanie sušičky prináša ďalší pozitívny efekt a tým je využitie odpadného tepla z priemyselných prevádzok, predovšetkým teplární a elektrární. Ideálnym riešením je využitie odpadného tepla a zároveň vysušenej štiepky v rovnakom závode. Zníženie vlhkosti má veľký ekonomický potenciál nielen z pohľadu energie a výhrevnosti, ale aj z pohľadu údržby kotlov a komínov. V neposlednom rade, suchšie drevo produkuje menej ekologicky škodlivých látok.

## Referencie

- Matisko P. (2014). Sušičky dřevní štěpky. Dostupné na [www.cyberma.cz/susicky-drevni-stepky](http://www.cyberma.cz/susicky-drevni-stepky). [Posledný prístup 15.5. 2014].
- Pecina J. a P. Pecina. (2007). *Materiály a technologie - dřevo*, Prednášky. Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity.
- Zárybnická M. (2011). *Návrh sušky na biomasu*, Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- Horský P. (2001). Prednášky. Vysoké učení technické v Brně.