

OCHRANA MATERIÁLOV NA BÁZE DREVA PRED OHŇOM GÉLOVÝMI PRÍPRAVKAMI

PROTECTION OF WOOD BASED MATERIALS AGAINST FIRE BY GELS

Ivan Chromek – Vladimír Benedik – Marek Šmigura – Pavol Hlaváč

ABSTRAKT

The preventive protection of wood against the fire is, from the long-term perspective, mostly realized by the use of various retardant coatings. New possibilities, due to the fire spread, localization and liquidation aspect, bring the gels. The article deals with the comparison of protective function of the FIRESORB FM[®] and AgroHydroGel[®] against the heat radiation.

Key words: wood, fire, AgroHydroGel[®], FIRESORB[®], protective function.

ÚVOD

Drevo sa ako stavebný materiál objavuje od prvopočiatkov vývoja ľudskej spoločnosti. Popri výhodách, ktoré vyplývajú z jeho dostupnosti a variability využitia, základným problémom drevených konštrukcií zostáva riziko vzniku požiaru. Problematika zníženia tohto rizika, s využitím retardérov horenia, bola intenzívne riešená na pôde Drevárskej fakulty terajšej Technickej univerzity vo Zvolene od začiatku 80. rokov. Podľa prác: DOLEŽAL – HORSKÝ – OSVALD (1982), KRAKOVSKÝ – RÉH – MIHÁLIK – OSVALD (1992), OSVALD (2003), OSVALD – OSVALDOVÁ (2003) použitím retardačného ochranného náteru možno významne predĺžiť požiaru odolnosť drevených stavebných konštrukcií stanovenú podľa STN 73 0862. Aplikácia náteru má relatívne dlhú životnosť, viac ako 10 rokov, pokiaľ nedôjde k jeho mechanickému poškodeniu. Avšak, účinok retardačného náteru sa prejavuje len v prvej etape horenia. Zatiaľ neexistuje retardér horenia dreva, ktorý by významne zvýšil požiaru odolnosť v tretej fáze požiaru. V tomto prípade už ide o ochranu dreva a drevených konštrukcií aj počas rozvinutého požiaru.

Jeden zo spôsobov riešenia tohto problému je zvýšenie účinnosti vody ako hasiacej látky. Po aplikácii penotvorných roztokov a zmäkčovadiel (zmáčadiel) sa na trhu objavili aditíva, vytvárajúce, po aplikácii s vodou, gél.

V súčasnej dobe sa na náš trh dostali dva typy prípravkov, ktoré spĺňajú uvedenú požiadavku. FIRESORB[®] (2009) a AgroHydroGel[®] (2009). Obidva prípravky boli pôvodne vyvinuté pre poľnohospodárstvo a lesníctvo.

FIRESORB[®] s výrobným názvom FIRESORB MF bzw. MO, bol pôvodne určený ako absorbent vody v pôde. Roztok tekutého polyméru absorbuje niekoľkonásobné množstvo vody na svoju vlastnú hmotnosť a vytvára adhezívny teplo-odolný gél. Na rozdiel od hasiacej peny, gél neobsahuje vzduchové bubliny, ale pozostáva z rovnomerne „zahustenej“ vody. Znižuje rýchlosť odparovania vody. Na základe skúseností z praktického využitia bol neskôr klasifikovaný ako aditívo pre požiare triedy A. Dodáva sa v tekutom stave.

AgroHydroGel[®] sa využíva, podobne ako FIRESORB[®], ako absorbent vody v pôde. Okrem toho sa vyznačuje aj jej vysokou akumulátnou schopnosťou. Je ekologický, sypký, vo forme prášku alebo granúl. Je tvorený polymérnou molekulou, so schopnosťou nasiaknuť

300–500 krát väčšom množstve v porovnaní so svojou hmotnosťou. Aktivita je výrobcom zaručená po dobu 5 rokov a rozkladá sa na amoniak, oxid uhličitý, vodu. Výrobok nie je toxický.

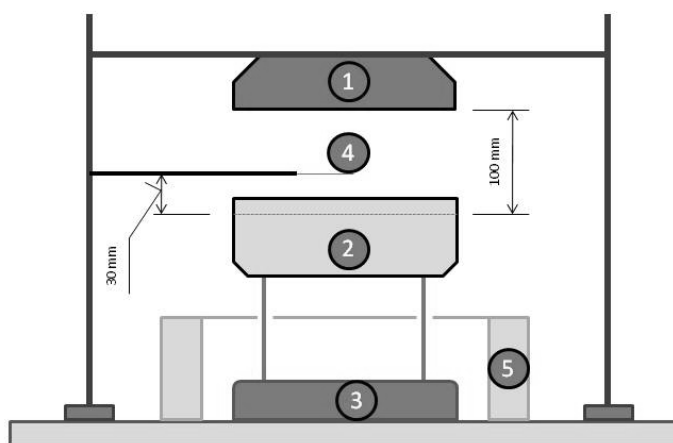
Z výsledkov prác: CHROMEK – MITTEROVÁ – HLAVÁČ (2008), a CHROMEK – MARKOVÁ – HLAVÁČ (2009) zameraných na overenie vlastností prípravku FIRESORB® vyplýva, že jeho aplikácia na vzorky asimilačných orgánov ihličnatých drevín potlačila tvorbu plyných produktov na úkor odparovania vody naviazanej v gélovom prípravku. Z tohto dôvodu nedošlo k plamennému horeniu ani pri čiastočnej tepelnej degradácii vzorky.

V období uvedených skúšok nebol prístupný prípravok AgroHydroGel®, ktorý sa etabloval na našom trhu v poslednom roku. Vzhľadom ku gélovitej konzistencii po jeho rozrobení a systému absorpcie vody je predpoklad, že by sa mohol prípravok využívať pre účely ochrany pred požiarom, podobne ako FIRESORB®.

Cieľom práce je laboratórne overiť, pri tepelnej degradácii vzorky drevených pilín, spôsobenej tepelnou radiáciou, ochrannú funkciu vody, prípravku AgroHydroGel® a FIRESORB®.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Pre modelovanie tepelnej radiácie bol navrhnutý experiment s využitím navážky bukovo-smrekových pilín a infražiariča (obr. 1).



Obr. 1 Schéma experimentu: 1 – infražiarič so stojanom, 2 – spaľovacia nádoba, 3 – váhy, 4 – termočlánok, 5 – tepelná ochrana váh.

Fig. 1 The scheme of experiment: 1 – infra emitter with a stand, 2 – combustion container, 3 – scale, 4 – thermocouple, 5 – scale heat protection.

Technické parametre infražiariča:

- príkon (P) 750 W
- povrchová teplota (T_p) 579,4 °C
- plocha žiarenia (S_c) 0,0318 m²
- množstvo vyžarovanej energie (Q_c) 669,65 W
- intenzita žiariča (E_v) 2,105 W·cm⁻²

Pre experiment boli vytvorené navážky:

- pilín,
- pilín s vodou,
- pilín s roztokom vody a s prípravkom AgroHydroGel® v dvoch koncentráciách,
- pilín s vodou a aplikáciou roztoku vody s prípravkom FIRESORB®.

Úprava vzoriek k meraniu tepelného zaťaženia:

- Hmotnosťou čistej navážky pilín bola 250 g, pri relatívnej vlhkosti 32,8 %.
- Navážka pilín bola rovnomerne rozvrstvená v hrúbke cca 3 cm.
- Každá skupina bola zastúpená piatimi navážkami, spolu 25 vzoriek.
- Porovnávací súbor 10 vzoriek:
 - 5 × čistá navážka 250 g pilín,
 - 5 × navážka 250 g pilín a vodou o objeme 300ml.
- Skúmaný súbor 15 vzoriek: z toho 10 vzoriek ako navážka 250 g pilín s roztokom vody a prípravku AgroHydroGel® o objeme 300ml (s príslušnou koncentráciou), ktorá pri
 - 5 × navážka vzoriek 250 g pilín s 300 ml vody s koncentráciou 5 g prípravku AgroHydroGel® na 1 dm³ vody,
 - 5 × navážka vzoriek 250 g pilín s 300 ml roztokom s koncentráciou 6,6 g prípravku AgroHydroGel® na 1 dm³ vody,
 - 5 × navážka vzoriek 250 g pilín s 500 ml roztokom vody s koncentráciou 1,5 % prípravku FIRESORB® podľa údajov výrobcu.

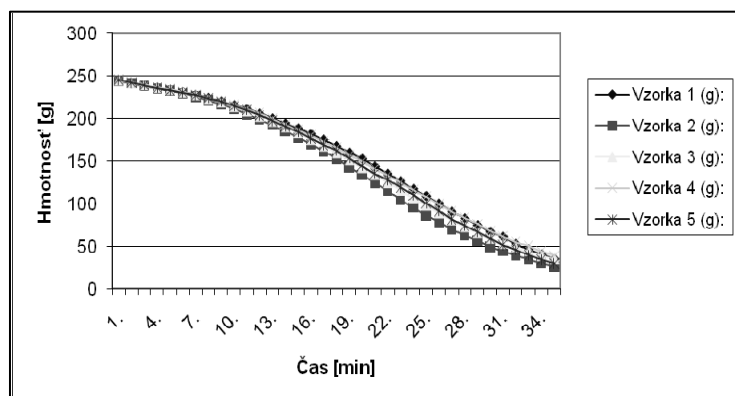
Meracia aparatúra

- meranie úbytku hmotnosti - elektronické váhy Sartorius GP 2102,
- priebeh teplôt - ALMEMO 2590-4S.

K vyhodnoteniu experimentov bola využitá komparatívna metóda.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

a) Úbytok hmotnosti vzorky pilín



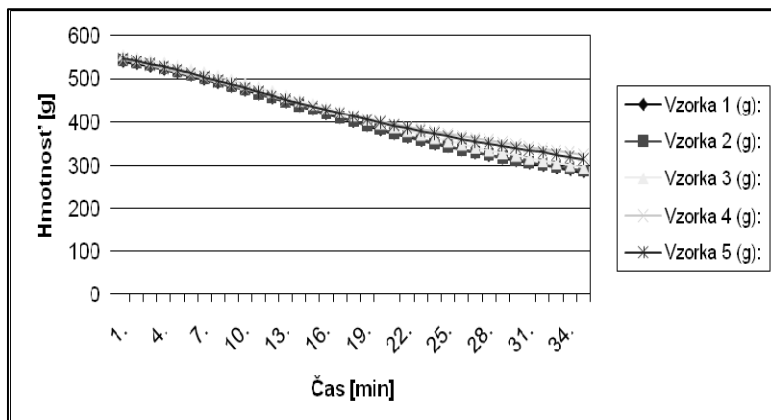
Obr. 2 Úbytok hmotnosti vzorky pilín bez úpravy.
Fig. 2 Weight loss of sawdust sample without processing.

Počas experimentu boli spozorované a vyhodnotenú tieto javy:

- úbytok hmotnosti za sledovaných 35 minút sa pohyboval od 206 g pri vzorke 4 po 218,3 g pri vzorke 2,
- počas prvých 10 minút došlo k úbytku hmotnosti 28 g pri vzorke 1 až 31,3 g pri vzorke 2, pri náraste počiatkovej teploty z 80 °C na 146 °C pri vzorke 4 až 160 °C pri vzorke 1,
- počas ďalších 10 minút došlo k poklesu hmotnosti od 63,3 g pri vzorke 1 až po 77,3 g pri vzorke 2, s tým, že pokles hmotnosti od začiatku experimentu do 20. minúty dosiahol 91,9 g pri vzorke 1 až 102,3 g pri vzorke 2,
- konštantná teplota nad vzorkou, s miernymi výkyvmi, bola dosiahnutá v 19. minúte, pričom pri vzorke 4 bola 200 °C až 250 °C pri vzorke 3,
- maximálna teplota 262 °C bola dosiahnutá pri vzorke 3 v 32. minúte experimentu,

- hneďnutie vzorky, vplyvom degradácie, začalo po 1 minúte pri všetkých vzorkách, keď teplota dosiahla cca 100 °C,
- viditeľné plynné produkty sa začali uvoľňovať zo vzorky po 3. minúte pri teplote 110 °C,
- pri minimálnej teplotách v rozsahu 155 °C pri vzorke 4 až 167 °C pri vzorke 1, dosiahnutých v 12 až 13 minúte sa na vzorke začali objavovať lokálne ohniská žeravenia.

b) Hmotnostného úbytku vzorky pilín s vodou

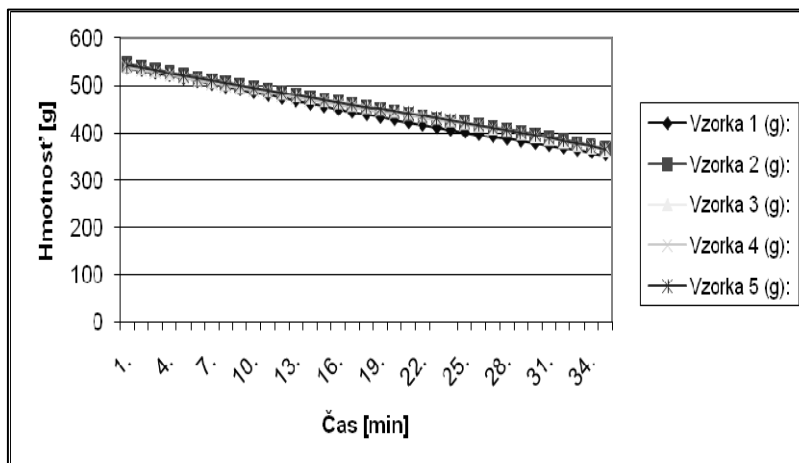


Obr. 3 Úbytok hmotnosti vzorky pilín s vodou.
Fig. 3 Weight loss of sawdust sample processing by water.

Počas experimentu boli spozorované a vyhodnotené tieto javy:

- aplikáciou vody došlo k nárastu hmotnosti vzoriek o cca 300 g,
- úbytok hmotnosti za sledovaných 35 minút sa pohyboval od 219,3 g pri vzorke 4 po 257,8 g pri vzorke 3,
- počas prvých 10 minút došlo k úbytku hmotnosti 65,1 g pri vzorke 1 až 68,4 g pri vzorke 5, pri náraste počiatkovej teploty z 80 °C na 81 °C pri vzorke 1 až 120 °C pri vzorke 4,
- počas ďalších 10 minút došlo k poklesu hmotnosti od 75,5 g pri vzorke 4 až po 92,9 g pri vzorke 2, s tým, že pokles hmotnosti od začiatku experimentu do 20. minúty dosiahol 142 g pri vzorke 4 až 160,1 g pri vzorke 2,
- konštantná teplota nad vzorkou, s miernymi výkyvmi sa nad vzorkami držala do 19. minúty, kedy sa pohybovala v rozmedzí od 80 °C do 110 °C,
- po 19. minúte došlo k postupnému narastaniu teploty,
- maximálna teplota 202 °C bola dosiahnutá pri vzorke 4 v 33. minúte experimentu,
- hneďnutie vzorky začalo po 6 minúte pri všetkých vzorkách, keď teplota dosiahla cca 100 °C
- viditeľné plynné produkty sa začali uvoľňovať zo vzorky po 17 minúte pri teplote cca 110 °C,
- pri minimálnej teplote v rozsahu 150 °C sa na vzorke začali objavovať lokálne ohniská žeravenia. Túto teplotu najskôr dosiahla vzorka 4 v 28. minúte a najneskôr vzorka 1 v 34. minúte.

c) Úbytok hmotnosti vzorky pilín s roztokom vody s prípravkom AgroHydroGel® (5 g)

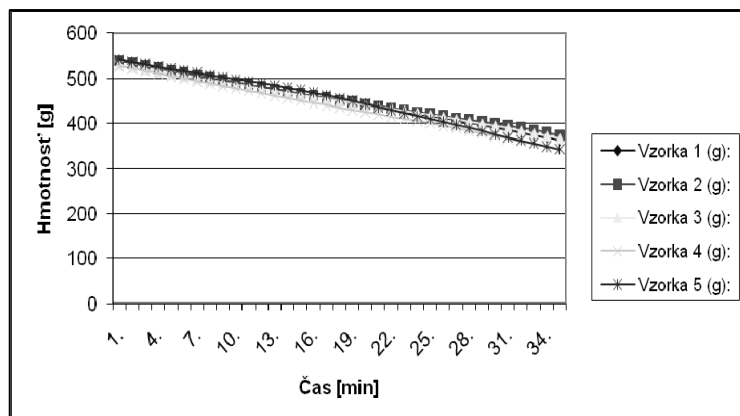


Obr. 4 Úbytok hmotnosti vzorky pilín s roztokom vody s prípravkom AgroHydroGel® (5 g).
Fig. 4 Weight loss of sawdust sample processing by water - AgroHydroGel® solution (5 g).

Počas experimentu boli spozorované a vyhodnotené tieto javy:

- aplikáciou roztoku vody s prípravkom AgroHydroGel® (5 g) došlo k nárastu hmotnosti vzoriek oproti suchej vzorke o cca 300 g,
- úbytok hmotnosti počas 35 minútovej tepelnej záťaže sa pohyboval od 171,9 g pri vzorke 4 po 184,2 g pri vzorke 1,
- počas prvých 10 minút došlo k úbytku hmotnosti 47,8 g pri vzorke 3 až 51,7 g pri vzorke 1, pri náraste počiatkovej teploty zo 60 °C na 120 °C pri vzorke 1 až 138 °C pri vzorke 5,
- počas ďalších 10 minút došlo k poklesu hmotnosti od 46,8 g pri vzorke 3 až po 58,3 g pri vzorke 1, s tým, že pokles hmotnosti od začiatku experimentu do 20. minúty dosiahol 94,6 g pri vzorke 3 až 110 g pri vzorke 1,
- konštantná teplota nad vzorkou, s miernymi výkyvmi sa nad vzorkami držala od 8. minúty do 24. minúty, kedy sa pohybovala v rozmedzí od 110 °C do 150 °C,
- po 24. minúte došlo, v priebehu štyroch minút k nárastu teploty o cca 30 °C, ktorá konštantne vydržala až do ukončenia experimentu,
- maximálna teplota 210 °C bola dosiahnutá pri vzorke 4 v 35. minúte experimentu,
- hnednutie vzorky začalo po 6 minúte pri všetkých vzorkách, keď teplota dosiahla cca 120 °C
- viditeľné plynné produkty sa začali uvoľňovať zo vzorky po 13 minúte pri teplote cca 135 °C,
- pri minimálnej teplote v rozsahu 150 °C sa na vzorke začali objavovať lokálne ohniská žeravenia. Túto teplotu najskôr dosiahla vzorka 4 v 23. minúte a najneskôr vzorka 2 v 28. minúte.

d) Úbytok hmotnosti vzorky pilín s roztokom vody s prípravkom AgroHydroGel® (6,6 g)

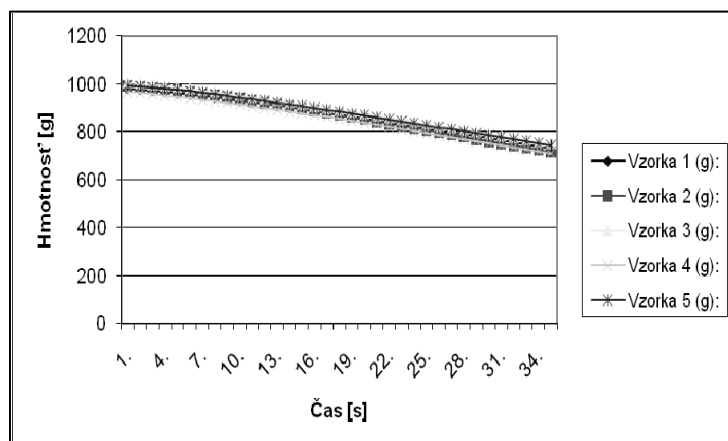


Obr. 5 Úbytok hmotnosti vzorky pilín s roztokom vody s prípravkom AgroHydroGel® (6,6 g).
Fig. 5 Weight loss of sawdust sample processing by water - AgroHydroGel® solution (6,6 g).

Počas experimentu boli spozorované a vyhodnotené tieto javy:

- aplikáciou roztoku vody s prípravkom AgroHydroGel® (6,6 g) došlo k nárastu hmotnosti vzoriek o cca 295 g,
- úbytok hmotnosti za sledovaných 35 minút sa pohyboval od 164,7 g pri vzorke 3 po 198,9 g pri vzorke 5,
- počas prvých 10 minút došlo k úbytku hmotnosti 44 g pri vzorke 5 až 49,3 g pri vzorke 4, pri náraste počiatkovej teploty zo 68 °C na 110 °C pri vzorke 2 až 140 °C pri vzorke 1,
- počas ďalších 10 minút došlo k poklesu hmotnosti od 44,8 g pri vzorke 3 až po 54,6 g pri vzorke 5, s tým, že pokles hmotnosti od začiatku experimentu do 20. minúty dosiahol 96,1 g pri vzorke 2 až 101,8 g pri vzorke 4,
- konštantná teplota nad vzorkou sa držala nad vzorkami, s miernymi výkyvmi, od 8. minúty do 26. minúty, kedy sa pohybovala v rozmedzí od 110 °C do 140 °C ,
- po 26. minúte došlo k postupnému narastaniu teploty o cca 30 °C,
- maximálna teplota 180 °C bola dosiahnutá pri vzorke 5 už v 19. minúte experimentu a konštantným priebehom až do ukončenia experimentu,
- hnednutie vzorky začalo po 6 minúte pri všetkých vzorkách, keď teplota dosiahla cca 100 °C
- viditeľné plynné produkty sa začali uvoľňovať zo vzorky po 12 minúte pri teplote cca 110 °C,
- pri minimálnej teplote v rozsahu 140 °C sa na vzorke začali objavovať lokálne ohniská žeravenia. Túto teplotu najskôr dosiahla vzorka 5 v 16. minúte a najneskôr vzorka 2 v 30. minúte.

e) Úbytok hmotnosti vzorky pilín s roztokom vody s prípravkom FIRESORB® (1,5%)

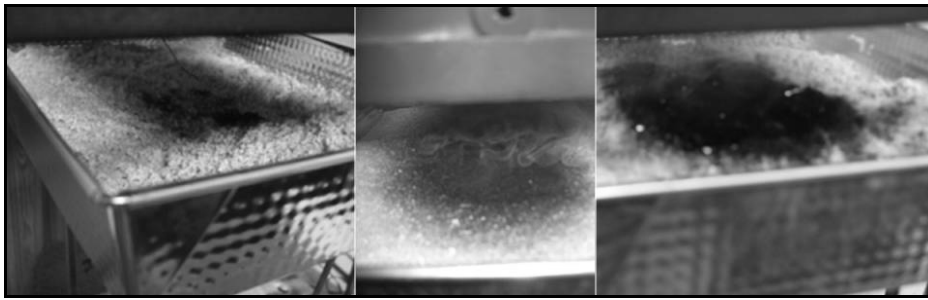


Obr. 6 Úbytok hmotnosti vzorky pilín s roztokom vody s prípravkom FIRESORB® (1,5%).
Fig. 6 Weight loss of sawdust sample processing by water - FIRESORB® solution (1,5%).

Počas experimentu boli spozorované a vyhodnotené tieto javy:

- priebeh krivky úbytku hmotnosti má charakter priebehu sušiacej krivky pri sáľavom teple,
- aplikáciou roztoku vody s prípravkom FIRESORB® (1,5%) došlo k nárastu hmotnosti vzoriek o cca 740 g,
- úbytok hmotnosti za sledovaných 35 minút sa pohyboval od 249,5 g pri vzorke 5 po 276.9 g pri vzorke 2,
- počas prvých 10 minút došlo k úbytku hmotnosti 49,5 g pri vzorke 1 až 55,3 g pri vzorke 2, pri náraste počiatkovej teploty z 80 °C na 90 °C pri vzorke 2 až 110 °C pri vzorke 1,
- počas ďalších 10 minút došlo k poklesu hmotnosti od 75,4 g pri vzorke 5 až po 84,6 g pri vzorke 2, s tým, že pokles hmotnosti od začiatku experimentu do 20. minúty dosiahol 125,1 g pri vzorke 1 až 139,9 g pri vzorke 2,
- konštantná teplota nad vzorkou, s miernymi výkyvmi sa nad vzorkami držala od 6. minúty až do ukončenia experimentu, kedy sa pohybovala v rozmedzí od 95 °C do 115 °C ,
- počas celého experimentu nedošlo k výraznejším výkyvom teploty, nárast teploty na konštantnú bol v časovom úseku od 0 do 6. minúty,
- maximálna teplota 115 °C bola dosiahnutá pri vzorke 1 v 25. minúte experimentu,
- k hndnutiu vzorky, vplyvom tepelnej degradácie, počas celého experimentu, nedošlo,
- plynné produkty, okrem odparovania vody z gélu, neboli opticky spozorované,
- počas celého experimentu nedošlo k vzniku lokálnych ohnísk žeravenia.

Z experimentov vyplýva, že pri suchej vzorke došlo počas experimentu, vplyvom tepelnej degradácie, k priemernému úbytku hmotnosti 86,54 %. Pri aplikácii vody úbytok hmotnosti predstavuje priemerne 44,78 %. Rozdiel v koncentrácii pri roztoku prípravku AgroHydroGel® je zanedbateľný, nepresahujúci hodnotu 0,5 %. Z porovnania vyplýva, že najnižší percentuálny úbytok hmotnosti bol zaznamenaný pri vzorkách a aplikáciou prípravku FIRESORB®, ktorý činil len 26,10 %.



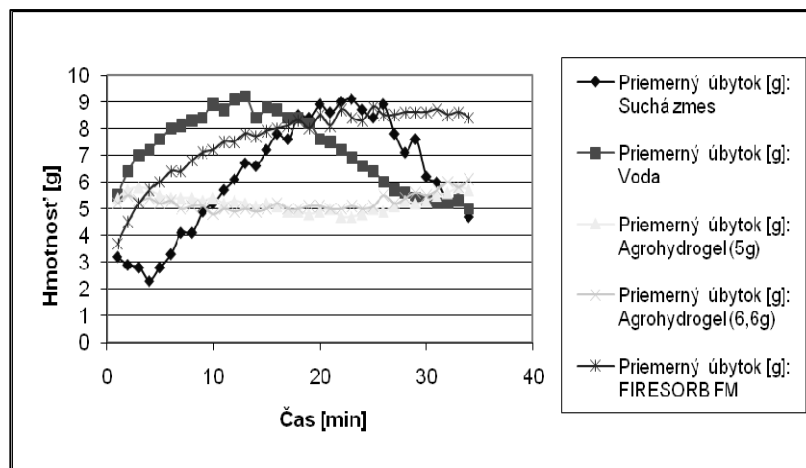
Obr. 7 Základné prejavy tepelnej degradácie vzorky: zľava hnednutie, tvorba plynných produktov, lokálne ohniská žeravenia.

Fig. 7 Basic demonstrations of the sample thermal degradation: in the left - browning, gas products production, local source of red-hot.

Prekvapivým zistením sú časové a teplotné súvislosti medzi jednotlivými prejavmi tepelnej degradácie vzorky.

Prvý pozorovaný príznak, hnednutie vzorky, sa objavuje pri suchej vzorke a vode už po 6. minúte a dosiahnutí teploty 100 °C. Prekvapujúce je zistenie, že po uvedenej minúte dochádza k rovnakému príznaku aj pri aplikácii prípravku AgroHydroGel®. Aj keď pri roztoku 5g bola zaznamenaná priemerná teplota 120 °C. Uvedený príznak nebol zaznamenaný pri aplikácii prípravku FIRESORB®.

Druhý príznak, plynné produkty, boli zaznamenané pri suchej vzorke po 3. minúte. Aplikácia vody zabezpečila oddialenie tohto prejavu na 17. minútu. Pri prípravku AgroHydroGel® boli zaznamenané plynné produkty už 12. resp. 13. minúte. Vo všetkých prípadoch sa teplota pohybovala v rozmedzí 100 °C, resp. 135 °C. Opäť, pri aplikácii prípravku FIRESORB®, plynné produkty neboli zaznamenané.



Obr. 8 Porovnanie priemerných úbytkov hmotnosti za minútu.

Fig. 8 Comparison of the average weight losses per minute.

Lokálne ohniská žeravenia, ako posledný príznak, sa objavili pri suchej vzorke po už po 12. minúte. Aplikácia vody oddialila tento prejav na 28. minútu. Opäť sa prekvapivo, vzhľadom ku konzistencii roztoku s prípravkom AgroHydroGel®, objavili uvedené príznaky v 23. minúte, resp. v 16. minúte experimentu. Aplikácia s prípravkom FIRESORB® tomuto prejavu zabránila počas celého trvania experimentu.

Ďalším, z experimentu vyplývajúcim záverom, je dosiahnutie maximálnych teplôt. Maximálna teplota 262 °C, pri suchej vzorke bola v 32. minúte. Pri aplikácii vody došlo k dosiahnutiu maximálnej teploty 202 °C v 33. minúte. Ani prípravok AgroHydroGel® nezabránil nárastu tepoty nad 200 °C. Maximálna teplota 210 °C bola dosiahnutá v 35. minúte. Pri vyššej koncentrácii prípravku AgroHydroGel® bola dosiahnutá maximálna teplota 180 °C v 19. minúte experimentu. Pri aplikácii prípravku FIRESORB® bola zaznamenaná najvyššia teplota 115 °C a to až v 25. minúte.

Z obrázku 9 vyplýva, že pri aplikácii prípravku AgroHydroGel® dochádza pri obidvoch experimentoch k vyrovnanému úbytku hmotnosti, ktorý sa pohybuje v rozmedzí medzi cca 5 g·min⁻¹. FIRESORB® po počiatočnom náraste od 4 g·min⁻¹ v 2. Minúte sa dostáva na konštantný úbytok hmotnosti cca 8,5 g·min⁻¹ až po 20. minúte. Tento priebeh je zachovaný až do ukončenia experimentu. Pri suchej vzorke dochádza po prudkom náraste v 23. minúte k prudkému poklesu úbytku. Zlomový bod pre aplikáciu vody bol v 12. minúte.

ZÁVER

Z výsledku experimentov vyplýva, že prípravok AgroHydroGel® sa svojimi vlastnosťami nevyrovná možnostiam prípravku FIRESORB®. Po jeho aplikácii sa na experimentálnych vzorkách prejavili všetky prejavy tepelnej degradácie, podobné ako pri využití čistej vody.

Prípravok AgroHydroGel® nie je možné, z dôvodu výrobných podmienok vo forme granúl, priamo aplikovať pri hasení.

Prípravok FIRESORB® má v prípade boja proti požiaru mnohostranné využitie. Vzhľadom k spôsobu dodávky v tekutej podobe, prípravok sa dá aplikovať priamo v teréne pomocou klasických vecných prostriedkov, používaných k haseniu (prenosný primiešavač, hadice Bg, Cg, Dg, kombinované prúdnice). Výsledky experimentov potvrdili jeho vysokú absorpčnú schopnosť, čo ho predurčuje nielen na priame hasenie. Prilnavosť gélu umožňuje jeho aplikáciu aj na zvislých plochách. Táto vlastnosť gélu sa dá využiť pri ochladzovaní okolitých objektov ale aj vytváraní protipožiarnych pásov v pásme prípravy horenia.

LITERATÚRA

DOLEŽAL, J., HORSKÝ, D., OSVALD, A. 1982. Plamor – penotvorný náter proti ohňu. 1982, *Drevo*, 37(2): 30–36.

FIRESORB® 2009. *Product information*. Degussa.

AgroHydroGel® 2009. *AgroHydroGel® zwiększa chłonność gleby oraz poprawia strukturę podłoża*. AR POL. [cit. 2010-03-03] Dostupné na internete: <<http://www.arpol.wroc.pl/fole.php?s=AgroHydroGel>>

CHROMEK, I., MITTEROVÁ, I., HLAVÁČ, P. 2008. Zvýšenie efektívnosti využitia vody pri zabránení šírenia lesného požiaru. *Delta*, 2008. 2(4): 15–20, ISSN 1337-0863.

CHROMEK, I., MARKOVÁ, I., HLAVÁČ, P. 2009. Využitie FIRESORBU pri ochrane lesa pred požiarom. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen Slovakia*. 2009. 51(2): 75–85. [cit. 2010-03-04] Dostupné na internete: http://web.tuzvo.sk/files/3_3/Acta_Facultatis_Forestalis/Acta_2009_c2.pdf. ISSN 0231-5785.

OSVALD, A. 2003. Účinky požiaru na nosné drevené konštrukcie. *Acta facultatis xylogologiae Zvolen*, 2003, 45: 85–94. ISBN 80-228-1422-9, ISSN 1336-3824.

OSVALD, A., OSVALDOVÁ, L. 2003. Retardácia horenia smrekového dreva. Vedecké štúdie. Zvolen: Technická univerzita Zvolen, 2003, 61 s., ISBN 80-228-1274-9.

Podakovanie

Táto práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantového projektu: VEGA–SR 1/0313/09 GD , 1/0849/09 GD a úlohy APVV – 0612-07, ako výsledok práce autora a výraznej pomoci agentúry VEGA–SR.

Adresy autorov

Mgr. Ing. Ivan Chromek, PhD.
Technická Univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra protipožiarnej ochrany
T.G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen
Slovensko
chromek@vsld.tuzvo.sk

Bc. Vladimír Benedik,
II. stupeň štúdia, Technická bezpečnosť osôb a majetku
Technická Univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
T.G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen
Slovensko
vladimirbenedik@centrum.sk

Ing. Marek Šmigura
III. stupeň štúdia, Protipožiarňa ochrana a bezpečnosť
Technická Univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
T.G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen
Slovensko
smiguramarek@gmail.com

Ing. Pavol Hlaváč, PhD.
Technická Univerzita vo Zvolene
Lesnícka fakulta
Katedra ochrany lesa a poľovníctva
T.G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen
Slovensko
hlavac@vsld.tuzvo.sk