

ZÁPALNOSŤ CELULÓZOVÝCH LÁTKOV OVPLYVNENÁ DRUHO BIELIACEHO PROSTRIEDKU

FLAMMABILITY CELLULOSIC SUBSTANCES AFFECTED BY THE TYPE OF BLEACHING AGENT

Iveta CONEVA¹

SUMMARY:

The article is focused on the determination and comparison of fire point and flash point cellulosic materials using ISO 871 Plastics. Determination of ignition temperature using a hot-air furnace. Based on the experimental results The flash points and the points of ignition samples of tissue products produced using the enzymatic method of bleaching have lower values than the sample tissue products bleached the aid of hydrogen peroxide. The use of the enzymatic method of bleaching (enzyme) pulping compared to a peroxide bleaching method (hydrogen peroxide) reduce the flammability of tissue paper and the final tissue product. Experimental investigation of combustion of cellulosic materials brings new knowledge that can be applied to the theory, but especially in practice, in order to reduce the fire hazard in the production.

KEYWORDS: fire point, flash point, cellulosic materials, tissue products, waste paper

ÚVOD

Prvky a systémy protipožiarnej bezpečnosti musia byť realizované prakticky v každej stavbe, sú vyžadované platnou legislatívou a ich primárnym cieľom je ochrana zdravia a života človeka pred požiarom. Je dôležité posúdiť aká úroveň protipožiarnej bezpečnosti sa dosiahne implementáciou vybraných protipožiarnych prvkov, systémov a zariadení, inými slovami ako sa zníži pravdepodobnosť vzniku požiaru, jeho rozsah a následky [1-4]. Na druhej strane je zase potrebné zadefinovať spôsoby finančného ohodnotenia jednotlivých prostriedkov a zariadení, týkajúceho sa ich obstarania a údržby, ako aj kvantifikácie priamych a nepriamych škôd, respektíve ušetrovaných hodnôt [5-10].

Daná problematika sa rieši v projekte APVV-0727-12 s názvom: „Model na zvyšovanie ekonomickej efektívnosti protipožiarnych opatrení“ na Fakulte bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline [5-10]. Hlavným cieľom projektu je skvalitniť a zjednodušiť hodnotenie ekonomickej efektívnosti protipožiarnych opatrení,

prostredníctvom prakticky aplikovateľného modelu. Rozhodnutia vychádzajúce z jeho výsledkov povedú k zvýšeniu úrovne protipožiarnej bezpečnosti a k zlepšeniu využívania finančných prostriedkov potrebných na jej dosiahnutie [5-10].

Optimálna úroveň protipožiarnej ochrany v budovách v nemalej miere závisí aj od množstva a druhu horľavých materiálov a látok, ktoré sa v nich vyskytujú. Medzi horľavé materiály, ktoré sa pomerne často v stavebných objektoch vyskytujú patria aj polymérne celulózové materiály [10], konkrétne napr.: buničina, celulóza, papier, zberový papier, tissue papier a iné.

Pri výrobe papiera sa pripravuje papierovina z buničiny alebo zo zberového papiera, ktorá nateká na sito papierenského stroja, odvodňuje sa, zbavuje sa ďalšieho podielu vody lisovaním, sušením a po ochladení, respektíve hladení sa navíja do kotúčov. Vyrobený papier sa upravuje na rozmer, v akom ho možno použiť ako konečný produkt [11-13]. V technológií výroby a spracovania papiera - tissue papiera zo základných

¹ Iveta Coneva, Ing. Ph.D., Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Ul. 1. Mája 32, 010 26 Žilina, tel.: +421 41 513 67 55, e-mail: iveta.coneva@fbi.uniza.sk

vstupných surovín: buničiny a zberového papiera, patrí operácia rozvlákňovania, spojená s úpravami a odstraňovaním neželateľných tlačiarenských farbív k najrizikovejším z hľadiska možného vzniku požiaru. Pri bielení dochádza ku kontaktu horľavých vstupných surovín a silného oxidačného prostriedku – peroxidu vodíka, ktorý sám o sebe nie je horľavý, ale výrazne podporuje proces horenia, a tým zvyšuje požiarne nebezpečenstvo v operácií rozvlákňovania pri príprave papieroviny, v technologickom procese výroby papierenských tissue produktov: hygienického toaletného papiera, hygienických obrúskov a vreckoviek.

Používaný bieliaci prostriedok peroxid vodíka je možné v praxi nahradiť za inú, vhodnejšiu a z požiarneho hľadiska bezpečnejšiu látku. Danou látkou je enzým, ktorý spôsobuje účinnejšie enzymatické bielenie vstupnej suroviny zberového papiera [14].

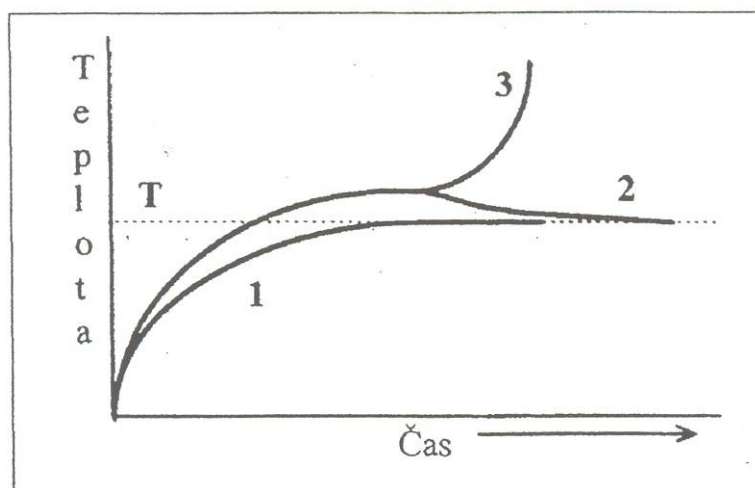
Cieľom skúmania bolo overenie a porovnanie vplyvu daných bieliacich prostriedkov, peroxidu vodíka a enzýmu na horľavosť celulóзовých medziproduktov a produktov, tissue papiera. Namerali a porovnali sa určujúce požiaro-technické charakteristiky vybraných celulóзовých materiálov, konkrétne bod vzplanutia a bod vznietenia metódou STN ISO 871. Plasty. Stanovenie zápalnosti v teplovzdušnej peci [15,16].

Teoretické a praktické skúmanie na základe experimentov v oblasti horenia celulóзовých materiálov prináša nové poznatky, ktoré je možné aplikovať do praxe, s cieľom zníženia požiarneho nebezpečenstva v danej výrobe a zvýšenia protipožiarnej bezpečnosti v danej technológii [17,18].

1. TESTOVANIE ZAPÁLITEĽNOSTI MATERIÁLOV

Zapáliteľnosť tuhých materiálov je možné definovať ako schopnosť prechodu horľavej látky pod vplyvom tepelného zdroja do nestabilného stavu, pričom dochádza k iniciácii a k termooxidačným procesom, ktoré sa prejavujú emisiou svetla a tepla [19]. Zapáliteľnosť je definovaná ako miera, akou možno predmet za určených podmienok zapáliť [20]. Zapáliteľnosť sa charakterizuje časom do zapálenia látok, materiálov a závisí od teploty (bodu) vznietenia, termických vlastností materiálov a od kritického tepelného toku [21]. Zapáliteľnosť sa najčastejšie hodnotí ako určitá medzná teplota materiálu alebo jeho okolia alebo ako tepelný výkon, ktorý je potrebný dodať zapaľovanému materiálu.

Na obr.1 sú znázornené kritické teploty, ktoré určujú proces zapaľovania [19,22].



Obrázok. 1 Medzné teploty pri stanovení vznietenia materiálov [19]

Skúšaný materiál sa vloží do prostredia s určitou teplotou T. Sleduje sa materiál 1, ktorý sa nahrieva na teplotu prostredia T, ktorú si udržiava, sledovaný materiál sa nevznieti (krivka 1). Materiál 2 sa zohreje na teplotu, pri

ktorej dochádza k aktivácii vnútorných tepelných zdrojov. Uvoľňujúce sa teplo zohrieva materiál 2 na vyššiu teplotu ako je teplota okolia T. Vyprodukované rozkladné, plynné splodiny nie sú samozápalné za

daných podmienok a preto, po vyčerpaní vnútorných zdrojov tepla teplota materiálu 2 klesá na teplotu okolia T, sledovaný materiál sa nevznieti (krivka 2). Materiál 3 sa zohrieva podobne ako materiál 2, ale pri teplote, pri ktorej sa vnútornými zdrojmi zahreje, sa uvoľní dostatočné množstvo horľavých plynov, ktoré sú za daných podmienok samozápalné, dochádza k vznieteniu sledovaného materiálu (krivka 3) [19].

2. STANOVENIE ZÁPALITEĽNOSTI V TEPOVZDUŠNEJ PECI

Predmet, materiál sa môže zapáliť, vznietiť a začať horieť plameňom s použitím alebo bez použitia vonkajšieho zdroja tepla. Dochádza k jeho zahrievaniu za zvýšených teplôt. Ide o stav predmetu od prvého sa objavenie plameňa, po pokračovanie horenia plameňom [20].

Zapáliteľnosť sa vyjadruje pomocou bodu vzplanutia a bodu vznietenia. Najrozšírenejšou metódou na stanovenie parametrov zapáliteľnosti tuhých materiálov a to aj polymérnych celulóзовých materiálov je tzv. Setchkinov test. Ide o laboratórnu metódu stanovenia bodu vzplanutia a bodu vznietenia v peci s horúcim vzduchom, ktorá je spracovaná do normovanej štandardizovanej skúšky STN ISO 871. Plasty: Stanovenie zápalnosti v teplovzdušnej peci [15,16,18].

Stanovenie zápalnosti v teplovzdušnej peci je vhodná skúška aj pre materiály na báze celulózy. Skúška má značný význam pri porovnávaní relatívnych zápalných charakteristík (bod vzplanutia, bod vznietenia) rôznych horľavých materiálov, ale neposkytuje úplné informácie na zhodnotenie požiarneho nebezpečenstva daných materiálov v reálnych podmienkach požiaru. Bod vzplanutia sa

stanovuje na základe pôsobenia otvoreného plameňa, zdroja zapálenia. Pri stanovení bodu vznietenia sa vznietenie vyvoláva len pôsobením tepla, nie otvoreným plameňom, iskrou alebo rozžeraveným materiálom [15,16,18,19].

Bod vzplanutia (Fire point) je najnižšia teplota, pri ktorej sa materiál zapáli a neperušené horí určený čas po priložení normového malého plameňa k jeho povrchu za určených podmienok a následne zhasne. Je to aj najnižšia teplota, pri ktorej horľavá látka pri normálnom tlaku vyvinie toľko horľavých pár, že tieto pary v zmesi so vzduchom pri priblížení otvoreného plameňa vzplanú, ale ďalej nehoria. Pri teplotách nižších nedochádza k zapáleniu, lebo tlak pár látky je príliš malý a nevytvára sa dostatočné množstvo horľavých pár v zmesi so vzduchom [15,18,19,20].

Bod vznietenia (Flash point) je najnižšia teplota, na ktorú musí byť materiál alebo výrobok ohriaty, aby vznikali plyny, ktoré sa ihneď vznietia plameňom za určitých podmienok [9]. Je to najnižšia teplota vzduchu prúdiaceho okolo vzorky, pri ktorej dôjde k vznieteniu vzorky bez prítomnosti otvoreného zdroja zapálenia. Je to najnižšia teplota zmesi horľavých pár so vzduchom, ktoré sa vznietia za definovaných skúšobných podmienok pri zohrievaní horľavého materiálu od horúceho povrchu [15,18,19,20].

Dané teploty, bod vzplanutia a bod vznietenia sú veľmi závislé od skúšobných podmienok (napr.: druhu skúšobného zariadenia, množstva skúšaného materiálu, výmeny vzduchu s okolím a iné) [18,19]. V tab.1 sú uvedené hodnoty body vzplanutia a body vznietenia vybraných celulóзовých materiálov z dostupnej odbornej literatúry [18 - 27].

Tabuľka 1

Bod vzplanutia a bod vznietenia vybraných celulóзовých materiálov z odbornej literatúry

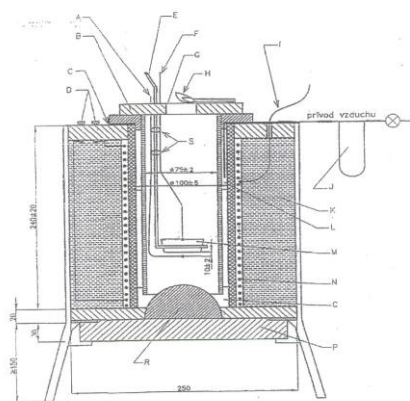
Materiál	Bod vzplanutia [°C]	Bod vznietenia [°C]
Drevo bukové	360 – 370	400 – 410
Drevo smrekové	350 – 360	390 - 400
Celulóza Whittman	370 - 375	420 - 425
Celulóza mikrokryštalická	345 - 350	420 - 425
Kartón	310 - 320	310 - 320
Novinový papier	235 - 240	240 – 250
Filtračný papier	300 - 310	390 - 400

Zdroj: [18-27]

Celulóзовé materiály majú sklon k žeraveniu, tleniu, ide o horenie bezplameňovým spôsobom. **Žeravenie** je horenie materiálu v tuhej fáze bez plameňa, ale s emisiou svetla zo zóny horenia [18,19,20]. **Tlenie** je horenie materiálu bez plameňa a bez viditeľného svetla. Je sprevádzané zvýšením teploty, emisiou tepla do okolitého prostredia, a vznikom spodín horenia [18,19,20]. Súčasne s nameraním bodu vzplanutia a bodu vznietenia je možné namerať časové charakteristiky: čas do vzplanutia a čas do vznietenia v sekundách.

Pre celulóзовé materiály sa uplatňuje skúška STN ISO 871. Plasty: Stanovenie zápalnosti v teplovzdušnej peci. Je to zahrievanie vzorky horľavého materiálu v teplovzdušnej peci pri rôznych teplotách v zahrievacej komore. Bod vzplanutia sa stanoví podľa tejto metódy priložením malého, zapalovacieho plameňa smerovaného na otvor krytu pece, aby sa zapálili uvoľnené plyny. Skúška stanovuje najnižšiu teplotu vzduchu prúdiaceho o konštantnej rýchlosti a teplote okolo zahrievanej vzorky materiálu umiestnenej v teplovzdušnej peci, pri ktorej sa uvoľní také množstvo plyných horľavých produktov, že po priblížení vonkajšieho zdroja iniciácie (mikrohorák - skúšobný plameň čistého propánu o dĺžke 20 mm) sa zapáli v priebehu 10 minút. Skúškou je stanovený bod vzplanutia a tiež bod vznietenia [15,18,19]. Skúšobné zariadenie, teplovzdušná pec používaná pri danej metóde je zobrazená na obr. 2.

A – termočlánok TC₂, B – ohňovzdorný kruhový kryt,



C – tesniaci krúžok, D – koncovky vykurovacej špirály, E – nosná tyč, F – termočlánok TC₁, G – otvor (priemer 25 mm), H – zapalovací plameň, I – termočlánok TC₃, J – prietokomer, K – vlna z minerálneho vlákna, L – tangenciálne prúdenie vzduchu k valcu, M – miska na vzorku, N – 50-závitová špirála z chrómniku č. 16 v tepelne odolnom tuneli, O – tri dištančné podložky na umiestnenie vnútorného valca a jeho oporu, P – tepelná izolácia, R – kontrolný uzáver, S – kovové upevňovacie svorky

Obrázok 2. Prierez teplovzdušnou pecou [5]

Príprava skúšobných vzoriek a podmienky skúšky

Používali sa vzorky materiálov v rôznej forme. Množstvo skúšaného materiálu musí byť dostatočné, lebo sa stanovujú dve merania. Jednotlivé vzorky celulóзовých materiálov boli skúšané nasledovne. Vzorky A, B, C, D, E boli upravené do tvaru zvitkov s hmotnosťou $3 \pm 0,2$ g, ktoré boli previazané drôtikom. Vzorky sa pred skúškou kondicionujú pri teplote 23 ± 2 °C a relatívnej vlhkosti 50 ± 5 % počas 40 hodín v súlade s ISO 291. Podmienky (konkrétne: podmienky kondicionovania, teploty a relatívnej vlhkosti v skúšobnej miestnosti), pri ktorých prebiehali skúšky merania bodu vzplanutia a bodu vznietenia skúšobných vzoriek A, B, C, D, E podľa metódy tzv. Setchkinov test, sú uvedené v tabuľke 2.

Miska so vzorkou sa vloží do pece (obr. 2), pričom je nutné dodržať správnu polohu termočlánkov F (TC₁) a A (TC₂). Zapne sa časové zariadenie, po uplynutí 10 minút sa teplota T₂ zníži alebo zvýši o 50 °C podľa toho, či nastalo vznietenie alebo nie a skúška sa opakuje s novou vzorkou. Keď sa stanoví rozpätie pre teplotu vznietenia, skúšky sa začnú pri teplote o 10 °C nižšej, ako je najvyššia teplota v rámci tepelného rozpätia a pokračuje sa so znižovaním teploty vždy o 10 °C, až po teplotu, pri ktorej nenastane vznietenie počas 10 minút. Ako teplota vznietenia sa zaznamenáva najnižšia teplota vzduchu T₂, pri ktorej sa vzorka (uvoľnené zo vzorky horľavé plyny) zapáli do 10 minút (od teploty vzduchu prúdiaceho okolo vzorky) a horí plameňom. Súčasne sa stanoví čas do vznietenia. Pri niektorých materiáloch je ťažko vizuálne zistiť vznietenie, keď horenie prebieha skôr žeravením. V takých prípadoch je spoľahlivejším dôkazom rýchlejší nárast teploty v termočlánku T₁ ako v T₂ sprevádzaný vizuálnym pozorovaním [3].

Obdobne sa stanoví aj bod vzplanutia ako najnižšia teplota vzduchu T₂ prúdiaceho s konštantnou rýchlosťou okolo zahrievanej vzorky, pri ktorej sa uvoľní také množstvo plyných horľavých produktov, ktoré sa po priblížení propánového horáka zapália v priebehu 10 minút (objaví sa plameň) a následne zhasnú a nepokračujú v horení. Súčasne sa stanoví čas do vzplanutia [15,18].

3. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Na základe stanovenia, overenia a porovnania vplyvu bieliacich prostriedkov (peroxidu vodíka a enzýmu) na možnosť vzniku požiaru

v technologickom procese výroby tissue produktov je potrebné sa zamerať na operáciu rozvlákňovania. Pre realizáciu cieľov, je potrebné skúmanie horľavosti vybraných

celulóзовých materiálov [18,28-32], je dôležité experimentálne stanoviť a porovnať požiaro-technické charakteristiky: bod vzplanutia a bod vznietenia [18,33-38].

Tabuľka 2

Podmienky, pri ktorých prebiehali skúšky merania bodu vzplanutia a bodu vznietenia skúšobných vzoriek A, B, C, D, E

Skúšaná vzorka	Kondicionovanie			Teplota v skúšobnej miestnosti [°C]	Relatívna vlhkosť vzduchu [%]
	Čas [hod.]	Teplota [°C]	Vlhkosť vzduchu [%]		
Vzorka A	40	23 ± 2	50 ± 5	23 ± 1	54 ± 1
Vzorka B	40	23 ± 2	50 ± 5	23 ± 1	54 ± 1
Vzorka C	40	23 ± 2	50 ± 5	21 ± 1	50 ± 1
Vzorka D	40	23 ± 2	50 ± 5	20 ± 1	55 ± 1
Vzorka E	40	23 ± 2	50 ± 5	24 ± 1	56 ± 2

Zdroj: [15,18]

Stanovenie určujúcich požiaro-technických charakteristik vybraných celulóзовých surovín a tissue materiálov si vyžaduje prípravu vzoriek. Predmetom skúšky sú vzorky

materiálov na báze celulózy a to konkrétne zberový papier a tissue papier (tab. 3).

Tabuľka 3

Základné údaje o vzorkách celulóзовých materiálov

Vzorky celulóзовých materiálov		
Označenie vzorky	Základný údaj	Poznámka
A	Zmes zberových papierov	kvalita skupiny C – vstupná surovina
B	Zmes zberových papierov	kvalita skupiny B – vstupná surovina
C	Tissue papier	Medziprodukt vyrobený zo 100 % buničiny bez bielenia
D	Tissue papier	Medziprodukt vyrobený zo zberových papierov (C- 30 % + 70 % B) enzymatickým bielením
E	Tissue papier	Medziprodukt vyrobený peroxidovým bielením zo zberových papierov (C - 30 % + 70 % B)

Zdroj: [18,39,40]

Vzorka A - vstupná surovina-zberový papier, kvalita skupina C-lepšie druhy, je to biely novinový papier, časopisy a noviny s min. textom, sú to kusy listov papiera a nastrihané pásiky bielej farby, potlačené minimom textu [18,39,40].

Vzorka B - vstupná surovina-zberový papier, kvality skupiny B - stredné druhy, sú to najmä časopisy a noviny, sú to kusy listov papiera a nastrihané pásiky bielej až žltej farby, potlačené textom [18,39,40].

Vzorka C - polotovar-medziprodukt, tissue papier vyrobený z buničiny, ktorá nie je spracovaná bieliacim procesom (nepoužil sa peroxid vodíka ani enzým), vhodný na výrobu konečných hygienických tissue produktov [18,39,40].

Vzorka D - polotovar-medziprodukt, tissue papier vyrobený zo zmesi zberových papierov (C - 30 % + B – 70 %) vybielených za pomoci enzýmu, vhodný na výrobu konečných hygienických tissue produktov [18,39,40].

Vzorka E - polotovár-medziprodukt, tissue papier vyrobený zo zmesi zberových papierov (C - 30 % + B - 70 %) vybielených za pomoci peroxidu vodíka, vhodný na výrobu konečných hygienických tissue produktov [18,39,40].

Vyhodnotenie experimentálnych výsledkov zápaliteľnosti v teplovzdušnej peci celulóзовých materiálov

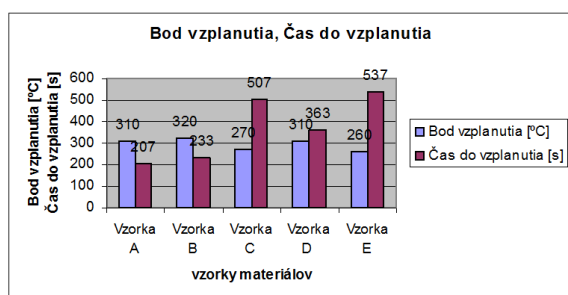
Namerané hodnoty teploty a času: bod vzplanutia, bod vznietenia, čas do vzplanutia a čas do vznietenia sú získané podľa normy STN ISO 871. Namerané výsledky sú spracované formou tab. 4 a obr. 3, 4, 5, 6, 7 [18,40].

Tabuľka 4

Namerané hodnoty zápaliteľnosti vzoriek A, B, C, D, E skúšaných celulóзовých materiálov

Vzorka-materiál	Bod vzplanutia [°C]	Čas do vzplanutia [s]	Bod vznietenia [°C]	Čas do vznietenia [s]
Vzorka A	310	207	430	25
Vzorka B	320	233	410	174
Vzorka C	270	507	420	69
Vzorka D	310	363	410	160
Vzorka E	260	537	410	138

Zdroj: [18,40]



Obrázok 3. Graf nameraných hodnôt bodu vzplanutia a času do vzplanutia jednotlivých vzoriek materiálov

Diskusia k experimentálnym výsledkom:

Z výsledkov nameraných hodnôt bodu vzplanutia, ktoré boli spracované do tab. 4 a obr. 3 - grafu, možno konštatovať, že: najvyššiu hodnotu bodu vzplanutia má vzorka B : 320 °C – zberový papier skupiny B a najnižšiu hodnotu má vzorka E : 260 °C – tissue papier vyrobený peroxidovým bielením. Vzorka A : 310 °C – zberový papier skupiny C dosahuje porovnateľnú hodnotu so vzorkou B. Výsledky nameraných hodnôt vzoriek B, A, D, C a to B: 320 °C, A: 310 °C, D : 310 °C – tissue papier vyrobený enzymatickým bielením a C : 270 °C – tissue papier vyrobený bez bielenia sú vyššie ako hodnota vzorky E : 260 °C. Body vzplanutia, vstupnej suroviny zberového papiera – vzorky B: 320 °C

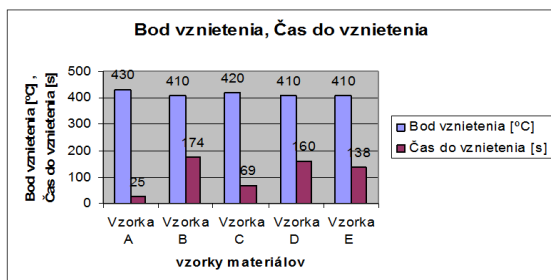
a vzorky A: 310 °C, majú vyššie hodnoty, pravdepodobne z dôvodu prítomnosti tlačiarenskej farby. Vzorka D: 310 °C - tissue papier vyrobený enzymatickým bielením dosahuje taktiež vysokú hodnotu bodu vzplanutia v porovnaní so vzorkami C : 270 °C – tissue papier vyrobený bez bielenia a E : 260 °C - tissue papier vyrobený peroxidovým bielením. Rozdiel medzi bodom vzplanutia vzoriek D a E je 50 °C, čo nie je zanedbateľné [18,40].

Pravdepodobne intenzívnejšie bieliace procesy v prípade bielenia peroxidom spôsobujú nižšie hodnoty bodu vzplanutia vzorky E, to znamená zvýšenie relatívnej horľavosti vzorky E v porovnaní so vzorkou D, kde bolo bielenie prevedené enzymaticky. Na základe nameraných hodnôt možno predpokladať, že enzymatické bielenie zberového papiera v porovnaní s peroxidovým bielením znižuje nebezpečenstvo horľavosti tissue papiera, materiálu určeného na ďalšie spracovanie a pravdepodobne sa bude znižovať aj horľavosť konečných tissue výrobkov.

Možno konštatovať, že bieliace metódy majú vplyv na zmenu hodnôt bodu vzplanutia, na výraznú zmenu relatívnej horľavosti materiálov všetkých celulóзовých vzoriek v prípade, ak iniciačným zdrojom je otvorený zdroj tepla (plameň) [18].

Diskusia k experimentálnym výsledkom:

Podstatnejšie boli rozdiely v nameraných časoch do vzplanutia jednotlivých vzoriek ktoré sú spracované do tab. 4 a obr. 3 - grafu. Vzorka E: 537 s - tissue papier vyrobený peroxidovým bielením má najdlhší čas do vzplanutia. Nasledujú vzorka C: 507 s - tissue papier vyrobený bez bielenia, vzorka D: 363 s - tissue papier vyrobený enzymatickým bielením, vzorka B: 233 s - zberový papier skupiny B a najkratší čas do vzplanutia dosahuje vzorka A: 207 s - zberový papier skupiny C [18,40]. Prítomnosť tlačiarenských farbív vzoriek A, B pravdepodobne skracať čas do vzplanutia v porovnaní so vzorkami D, C, E. Vzorka E má dlhší čas do vzplanutia ako vzorka D, pravdepodobne peroxidové bielenie v prípade vzorky E predlžuje čas do vzplanutia. Určujúce sú namerané hodnoty požiarotechnickej charakteristiky „bod vzplanutia“, ktoré pri reálnych prevádzkových podmienok nemusia zodpovedať literárnym hodnotám. Čas do vzplanutia daného materiálu má svoj význam pri riešení problematiky požiarneho nebezpečenstva prevádzok [18].



Obrázok 4. **Graf nameraných hodnôt bodu vznietenia a času do vznietenia jednotlivých vzoriek materiálov**

Diskusia k experimentálnym výsledkom:

Z výsledkov nameraných hodnôt bodu vznietenia, ktoré boli spracované do tab. 4 a obr. 4 - grafu, môžem konštatovať, že najvyššiu hodnotu bodu vznietenia, má vzorka A : 430 °C – zberový papier skupiny C, potom nasleduje vzorka C: 420 °C - tissue papier vyrobený bez bielenia a najnižšiu hodnotu bodu vznietenia majú vzorky B, D a E, vzorka B: 410 °C - zberový papier skupiny B, vzorka D: 410 °C - tissue papier vyrobený enzymatickým bielením a vzorka E: 410 °C – tissue papier vyrobený peroxidovým bielením.

Namerané hodnoty bodu vznietenia vstupnej suroviny – zberového papiera sú vyššie vo

vzorke A: 430 °C ako vo vzorke B: 410 °C, vzorka A obsahuje väčšie množstvo tlačiarenských farbív ako vzorka B, čo pravdepodobne má za následok zvýšenie bodu vznietenia. To znamená, že vzorka A sa zapáli až pri vyššej teplote horúceho vzduchu prúdiaceho okolo nej ako vzorka B. Tissue papier-materiál, ktorý sa ďalej spracováva na hotové hygienické produkty má najvyšší bod vznietenia pri vzorke C: 420 °C, nasledujú identické hodnoty vzoriek D a E, vzorka D: 410 °C a vzorka E: 410 °C [18,0].

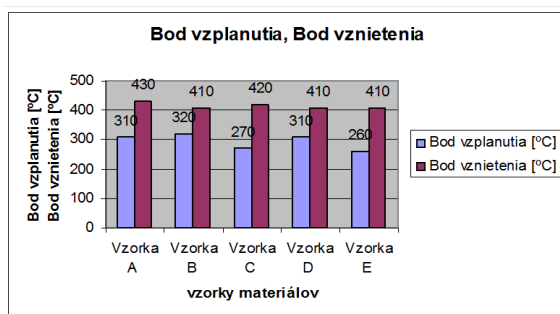
Na základe výsledkov hodnôt vzoriek D a E možno predpokladať, že bieliace procesy neovplyvňujú výrazne zmenu bodu vznietenia v porovnaní s výsledkami hodnôt vzoriek A, B, C. Hodnoty vzoriek D a E sú len mierne nižšie (o 10 °C - 20 °C), v porovnaní so vzorkami A, B, C. Možno predpokladať, že využitie bieliacich metód (vzorky D a E) len mierne znižuje bod vznietenia, a tým mierne zvyšuje relatívnu horľavosť, v porovnaní so vzorkou C, kde sa skúmal tissue papier vyrobený bez bielenia.

Celkovo možno konštatovať, že bieliace metódy nemajú výrazný vplyv na zmenu hodnôt bodu vznietenia, na výraznú zmenu relatívnej horľavosti materiálov všetkých celulóзовých vzoriek v prípade, ak iniciačným zdrojom je zdroj sálavého tepla [18].

Diskusia k experimentálnym výsledkom:

Podstatnejšie boli zmeny v nameraných časoch do vznietenia jednotlivých vzoriek tab. 4 a obr. 4 - grafu. Vzorka B: 174 s - zberový papier skupiny B má najdlhší čas do vznietenia, nasledujú vzorka D: 160 s - tissue papier vyrobený enzymatickým bielením, vzorka E: 138 s - tissue papier vyrobený peroxidovým bielením, vzorka C: 69 s - tissue papier vyrobený bez bielenia a najkratší čas do vznietenia v sekundách dosahuje vzorka A: 25 s - zberový papier skupiny C.

Prítomnosť väčšieho množstva tlačiarenských farbív vo vzorke B pravdepodobne predlžuje čas do vznietenia v porovnaní so vzorkou A. Vzorka D: 160 s dosahuje najdlhší čas do vznietenia v porovnaní so vzorkami E a C, vzorka E: 138 s a vzorka C: 69 s [18,40]. Na základe výsledkov vzoriek E a D možno predpokladať, že bieliace procesy výraznejšie ovplyvňujú čas do vznietenia, výrazne ho predlžujú (až o 69 s – 91 s), v porovnaní so vzorkou C. Čas do vznietenia materiálu zohráva svoju úlohu pri určovaní jeho horľavosti.



Obrázok 5. **Graf nameraných hodnôt bodu vzplanutia a bodu vznietenia jednotlivých vzoriek materiálov**

Požiarno-technická charakteristika „bod vznietenia“ má svoj význam pri posudzovaní relatívnej horľavosti materiálov v skutočných prevádzkových podmienkach [18].

Diskusia k experimentálnym výsledkom

Porovnanie hodnôt stanovených parametrov: bodu vzplanutia a bodu vznietenia vzoriek celulóзовých materiálov boli spracované v tab. 4 a na obr. 5 - graf.

Body vzplanutia celulóзовých materiálov sa pohybujú v intervale od 260 °C do 320 °C, hodnoty bodov vzplanutia jednotlivých vzoriek A, B, C, D, E sú uvedené v tab. 4 a na obr. 6 - graf.

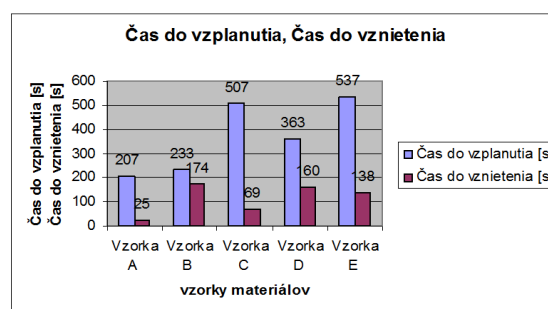
Stanovené hodnoty bodu vznietenia vzoriek celulóзовých materiálov sa pohybujú v intervale od 410 °C do 430 °C a sú spracované v tab. 4 na obr. 6 - graf.

Body vznietenia jednotlivých vzoriek A, B, C, D, E sú taktiež uvedené v tab. 4 a na obr. 6 - graf.

Namerané hodnoty bodov vznietenia vzoriek A, B, C, D, E celulóзовých materiálov sú vyššie o 110 °C až 150 °C ako ich hodnoty bodov vzplanutia identických vzoriek [18,40].

Nižšie hodnoty bodu vzplanutia sa vysvetľujú otvoreným priamym zdrojom zapálenia (propánový plameň) o väčšej iniciačnej energii ako je nepriamy zdroj zapálenia, horúci prúd vzduchu (sálavé teplo) pri stanovení bodu vznietenia.

Vzplanutie, horenie plameňom a nasledovné zhasnutie, toho istého celulóзовého materiálu nastane skôr, pri nižších teplotách ako jeho vznietenie a nepretržité horenie plameňom [18].



Obrázok 6. **Graf nameraných hodnôt času do vzplanutia a času do vznietenia jednotlivých vzoriek materiálov**

Diskusia k experimentálnym výsledkom

Namerané hodnoty času do vzplanutia vzoriek celulóзовých materiálov sa pohybovali v intervale od 207 s do 537 s a sú spracované v tab. 4 na obr. 3 - graf.

Časy do vzplanutia jednotlivých vzoriek A, B, C, D, E sú spracované v tab. 4 na obr. 6 - graf.

Namerané hodnoty času do vznietenia vzoriek celulóзовých materiálov sa pohybovali v intervale od 25 s do 174 s a sú spracované v tab. 4 na obr. 4 - graf.

Časy do vznietenia jednotlivých vzoriek A, B, C, D, E sú taktiež spracované v tab. 4 na obr. 6 - graf.

Namerané hodnoty časov do vznietenia A, B, C, D, E celulóзовých materiálov sú podstatne nižšie o 59 s až 438 s ako ich hodnoty časov do vzplanutia identických vzoriek. Horúci vzduch prúdiaci okolo vzorky skracuje čas do jej vznietenia v porovnaní s pôsobením na vzorku otvoreného zdroja plameňa, kde sa pozoruje predlžovanie času do jej vzplanutia [18,40].

V tab. 5 a obr. 7 je porovnanie hodnôt zápaliteľnosti, bodu vzplanutia a bodu vznietenia vybraných celulóзовých materiálov, s hodnotami, ktoré uvádza dostupná odborná literatúra [18, 21- 27].

Diskusia

Namerané hodnoty bodu vzplanutia a bodu vznietenia vzoriek A, B – vstupnej suroviny, zberového papiera boli rozdielne v porovnaní s literatúrnymi údajmi pre novinový papier, kartón.

Zberový papier predstavuje zmes nielen novinového papiera (prítomné sú tlačiarenske

farby a rôzne prímеси), ale aj rôznych druhov kancelárskeho papiera, časopisov a kartónov, to pravdepodobne má vplyv na odlišné hodnoty bodov vzplanutia a bodov vznietenia v porovnaní s nameranými hodnotami (tab. 5

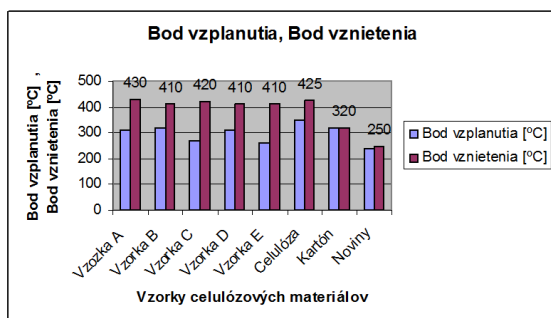
a obr. 7). Hodnoty bodu vzplanutia a bodu vznietenia tissue papiera nie sú uvedené v dostupnej literatúre a tak namerané hodnoty nie je možné porovnať s literatúrnymi údajmi [18,40].

Tabuľka 5

Porovnanie nameraných a teoretických hodnôt zapáliteľnosti celulóзовých materiálov

Materiál	Bod vzplanutia [°C]	Bod vznietenia [°C]
Vzorka A	310	430
Vzorka B	320	410
Vzorka C	270	420
Vzorka D	310	410
Vzorka E	260	410
Celulóza mikrokryštalická (literatúra) [18, 21- 27]	345 - 350	420 - 425
Kartón (literatúra) [18, 21- 27]	310 - 320	310 - 320
Novinový papier (literatúra) [18, 21- 27]	235 - 240	240 – 250

Zdroj: [18, 21- 27]



Obrázok 7. **Graf bodu vzplanutia a bodu vznietenia vybratých celulóзовých materiálov**

ZÁVER

Stanovené hodnoty požiaro-technických charakteristík: bod vzplanutia, bod vznietenia sú namerané na základe normy STN ISO 871 [15,18]. Na základe stanovených výsledkov možno celkovo konštatovať (tab. 4, 5 a obr. 3, 4, 5 a 7), že vzorky vstupných surovín, zberového papiera A a B, konkrétne: vzorka A - zberový papier skupina C, vzorka B - zberový

papier skupina B dosahujú najvyššie hodnoty požiaro-technických charakteristík: bodu vzplanutia a bodu vznietenia. Na základe spomínaných nameraných hodnôt: bodu vzplanutia a bodu vznietenia vzoriek zberového papiera možno predpokladať, že prítomnosť farbív, plnidiel, glejidiel a iných prímесí znižuje relatívnu horľavosť zberového papiera. Na základe porovnania stanovených požiaro-technických charakteristík vzoriek D a E (tab. 4, 5, obr. 3, 4, 5, 7), vzorka D - tissue papier vyrobený enzymatickým bielením, vzorka E - tissue papier vyrobený peroxidovým bielením možno predpokladať, že tissue papier vyrobený zo zberového papiera enzymatickým bielením je menej horľavý ako tissue papier vyrobený peroxidovým bielením, zároveň možno predpokladať, že aj konečné tissue hygienické produkty vyrobené enzymatickým bielením budú menej horľavé ako tissue produkt vyrobený peroxidovým bielením [18].

Použitie enzymatickej metódy bielenia (enzýmu) pri rozvlákňovaní v porovnaní s peroxidovou bieliacou metódou (peroxidom vodíka) znižuje horľavosť tissue papiera a konečných tissue produktov, čo následne má

vplyv na znižovanie nebezpečenstva vzniku požiarov v technologickom procese výroby tissue produktov. Namerané výsledky v praxi prispievajú k riešeniu problematiky znižovania nebezpečenstva vzniku požiarov v papierenskom priemysle, konkrétne pri výrobe tissue papiera a tissue hygienických produktov: toaletného papiera, hygienických vreckoviek, obrúskov a utierok. Vhodnou úpravou technológie a vybraných vlastností celulózových materiálov sa môže znížiť požiarne nebezpečenstvo ich technologického spracovania a skladovania a taktiež horľavosť konečných tissue produktov. Skúmaním požiaro-technických charakteristík upravených výrobkov na báze polymérnych

celulózových materiálov je možné prispieť k zvyšovaniu protipožiarnej bezpečnosti v technologických procesoch ich výroby a skladovania [18 - 40].

POĎAKOVANIE

„Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0727-12.“

„This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0727-12.“

LITERATÚRA

- [1] KLUČKA, J., MÓZER, V., PANÁKOVÁ, J.: *Rozbor požiarovosti v Slovenskej republike 1993-2012*, In: FIREFF 2014, Workshop k projektu č. APVV-0727-12: „Model na zvyšovanie ekonomickej efektívnosti protipožiarnych opatrení“ 2014: [CD]: 28. apríl 2014: Hotel Patria, Štrbské pleso, Slovenská republika: ŽU v Žiline, FŠI, 2014.
- [2] BALOG, K.: *Požiarne nebezpečenstvo plastov používaných v stavebníctve*. In: Horľavosť materiálov a nebezpečné pôsobenie spodín horenia. Bratislava: MV a ŽP SR a SŠP1989, s.12.
- [3] MAŠEK, I. - MIKA, O.- J., ZEMAN, M.: *Prevence závažných průmyslových havárií*, Skripta, Vysoké učení technické Brně, Chemická fakulta, Brno 2006, ISBN 80-214-3336-1.
- [4] POLEDŇÁK, P.: *The Protection of Dikes in Crises Situations*. In: 11 th International Scientific and Technological Military Engineering Conference on Engineering and Management in Crises Situations. Military University of Technology, Warsaw 2000.
- [5] PROJEKT číslo APVV-0000-12 s názvom (2013-2016): „Model na zvyšovanie ekonomickej efektívnosti protipožiarnych opatrení“.
- [6] PANÁKOVÁ, J., KLUČKA, J., MÓZER, V.: *Model hodnotenia ekonomickej efektívnosti protipožiarnych opatrení*. In: Požární ochrana 2014. 3. – 4. září 2014. ISBN 978-80-7385-148-4. ISSN 1803-1803. s. 264-266.
- [7] CONEVA, I.: *Požiarovosť v Ruskej federácii za obdobie 2012 – 2008*. In: Požární ochrana 2014. 3. – 4. září 2014. ISBN 978-80-7385-148-4. ISSN 1803-1803. s. 21-25.
- [8] VANDLÍČKOVÁ, M.: *Účinnost požiaro-technických zariadení*. In: Požární ochrana 2014. 3. – 4. září 2014. ISBN 978-80-7385-148-4. ISSN 1803-1803. s. 368-370.
- [9] FLACHBART, J.: *Vplyv požiarotechnických zariadení na bezpečnosť osôb v stavbe*, Bezpečnosť práce v záchranných službách, Zborník prednášok z medzinárodnej vedeckej konferencie, ISBN 978-80-554-0894-1, str. 45-56.
- [10] MÓZER, V.: *On equivalent fire exposure*, In: European journal of environmental and safety sciences, The Europe an Science and Research Institute, Volume 1 2013, ISSN 1339-472X, s.18-23.
- [11] BLAŽEJ, A., KRKOŠKA, P.: *Technológia výroby papiera*. In. ALFA Bratislava. Bratislava 1989, ISBN 80-05-00119-3.
- [12] HNĚTKOVSKÝ, V. a kol.: *Papírenská příručka*. In. STNL Praha. Praha 1983.
- [13] BUČKO, J.: *Chemické spracúvanie dreva*. Zvolen. TU Zvolen, 1997 ISBN 80- 228-0663-3.
- [14] CONEVA, I.- LUSKOVÁ, M.: *Nebezpečenstvo použitia peroxidu vodíka vo výrobnom procese*. In: Ochrana pred požiarom a záchranné služby, [elektronický zdroj] 2. vedecko-odborná konferencia s medzinárodnou účasťou. Žilina 2006. KPI FŠI ŽU Žilina. s.25 - 33, ISBN 80-8070-539-9.
- [15] STN ISO 871 : 1999. Plasty. Stanovenie zápalnosti v teplovzdušnej peci. 1999.
- [16] LITOMERICKÝ, V.: *Prehľad skúšok horľavosti vykonaných na PTEÚ MV SR v Bratislave*.
- [17] CONEVA, I. - ČAHOJOVÁ, L.: *Vyhodnotenie štatistických údajov o papierenskom priemysle*. In: Fórum mladých odborníkov protipožiarnej ochrany [elektronický zdroj], 5. medzinárodný odborný seminár. Zvolen, 2004. Zborník referátov, Zvolen: Technická univerzita, 2004, ISBN 80-228-1354-0.
- [18] CONEVA, I.: *Nebezpečenstvá vzniku požiaru pri výrobe produktov na báze celulózy* [dizertačná práca: elektronický zdroj - CD] / Iveta Coneva; školiteľ Katěřina Orlíková.- VŠB – TU Ostrava, ČR, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany; študijný odbor: Požární ochrana a bezpečnost průmyslu, doktorský studijní program: Požární ochrana a bezpečnost, Ostrava: 2008, - 158 s. + Autoref. 34 s.
- [19] FILIPI, B.: *Náuka o materiály*. 1. vyd. Ostrava : Edice SPBI Spektrum, 2003. 18-19 s. ISBN 80-86034-11-6.
- [20] STN EN ISO 13 943 : 2000. Požiarne bezpečnosť. Slovník, apríl 2000.
- [21] BALOG, K.- KVARČÁK, M. *Dynamika požáru*. 1. vyd. Ostrava : Edice SPBI Spektrum, sv. 22, 1999. ISBN 80-86111 44-X.
- [22] ORLÍKOVÁ, K.- ŠTROCH, P.: *Chémie procesu horení*. 1. vyd. Ostrava : Edice SPBI Spektrum, 1999. ISBN 80-611139-3.
- [23] BARTLOVÁ, I.: *Nebezpečné látky I*. 1. vyd. Ostrava : Edice SPBI Spektrum, sv. 24, 2000, 151 s., ISBN 80-8611160-1.

- [24] OSVALD, A.: *Hodnotenie požiarnej bezpečnosti materiálov a výrobkov z dreva*. Zvolen: TU DF, 1996, 103 s. ISBN 80-28-0595-5.
- [25] BALOG, K.: *Samovznietenie*. 1. vyd. Ostrava : Edice SPBI Spektrum, 1999. ISBN 80-86111-45-8.
- [26] STEINLEITNER, M. D. a kol.: *Požárne a bezpečnostne technické charakteristické hodnoty nebezpečných látok*. Zväz PO ČSSR, Praha, 1990.
- [27] CONEVA, I.: *Skladovanie základnej vstupnej suroviny – zberového papiera vo výrobnej prevádzke*. In. Crisis management, roč. 5, č.1, ŽU Žilina FŠI, 2006. 17-20 s. ISSN 1336-0019.
- [28] KAČÍKOVÁ, D. - NETOPILOVÁ, M. - Osvald, A.: *Drevo a jeho termická degradácia*. In. SPBI Ostrava. Ostrava 2006, ISBN 80 86634-78-7.
- [29] FENGEL, D. - WEGENER, G. - WOOD, P.: *Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1984. p.613.
- [30] FUNAOKA, M., KAKO, T., ABE, I.: *Condensation of lignin during heating of wood*. In: Wood Science and Technology 24, 1991. p. 277-288.
- [31] ROWELL, R.M. - DUSOTY, A.R. - DEGROOT, F.W. - SHAFIZADEF, F., : *Bonding fire retardants to wood: Part I. Thermal behavior of chemical bonding agents*. In: Wood and Fiber Science, 16 (2), 1984, p. 214-223.
- [32] ZACHAR, M.- MAJLINGOVÁ, A.- MARTINKA, J.- XU, QIANG - BALOG, K.- DIBDIAKOVÁ, J. – POLEDŇÁK, P. – RYBAKOWSKI, M.: *Impact of oak wood ageing on the heat release rate and the yield of carbon monoxide during fire*. European journal of environmental and safety sciences: scientific journal of the European Science and Research Institute and the Association of Fire Engineering. 2014. zv. Vol. 2, č. issue 1, s. 1--4. ISSN 1339-472X.
- [33] BALOG, K. - TUREKOVÁ, I.: *Sledovanie vplyvu retardáčnych úprav na tepelnú degradáciu celulózy*. In. CO-MAT-TECH 2000, 8. medzinárodná vedecká konferencia, Trnava 2000, KEBI MTF TU Trnava, s. 299-304, ISBN 80-227-2117-4.
- [34] ORÉMUSOVÁ, E.: *Hodnotenie teploty vzplanutia vybraných druhov PUR pien*. Krízový manažment X/2007. Žilina: FŠI, Žilinská univerzita v Žiline 2007. s. 90-93. ISSN 1336-0019.
- [35] ORÉMUSOVÁ, E.: *Teplota vznietenia poťahových textílií na báze bavlny a vlny*. In. Ochrana pred požiarom a záchranné služby. 3. vedecko-odborná konferencia s medzinárodnou účasťou. Žilina: Katedra požiarneho inžinierstva FŠI ŽU v Žiline 2008, s. 136-140, ISBN 978-80-8070-856-6.
- [36] MARKOVÁ, I.: *Hodnotenie horľavosti látok uplatňujúcich sa v izolačnej alebo tvarovej vrstve čaluneného výrobku*. Čalúnnické dni 2004. Tu vo zvolene, s. 16-20. Isbn 80-288-1316-8.
- [37] TUREKOVÁ, I.: *Valuation of combustibility of selected polymers*. In CO-MAT-TECH 2003. Bratislava: STU, 2003: ISBN 80-227-1949-8.
- [38] TUREKOVÁ, I. - BALOG, K. - MICHALÍKOVÁ, A.: *Vplyv kyseliny trihydrogénboritej na horenie tepelne namáhanej celulózy*. In: CO-MAT-TECH 2002, MTF STU Trnava. 2002. str. 390 – 394.
- [39] STN EN 643: 1999. Zberový papier. 1999.
- [40] CONEVA, I.: *Vzorka a materiály z výrobnej firmy tissue výrobkov*.