

VÝZNAM POŽIARNO-TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ POTRAVINÁRSKÝCH PRACHOV V PRAXI

IVANA TUREKOVÁ

THE SIGNIFICANCE OF FIRE – TECHNICAL CHARACTERISTICS OF FOOD DUSTS IN THE PRACTICE

ABSTRAKT

Existencia reálneho nebezpečenstva výbuchov a požiarov pri práškových materiáloch si vyžaduje dôsledné poznanie fyzikálno-chemických a požiaro-technických vlastností. Požiaro-technické vlastnosti prachov slúžia na kvalitatívne porovnávanie horľavosti a výbušnosti, na navrhovanie preventívnych opatrení a tiež na prognózovanie následkov požiarov a výbuchov. Stanovenie uvedených charakteristík výpočtom zatiaľ nie je možné, a preto najspoľahlivejšie výsledky sa stanovujú experimentálne.

KLúčové slová: požiaro-technické vlastnosti, potravinárske prachy, teplota vznietenia, teplota vzplanutia, rýchlosť šírenia plameňa

ABSTRACT

The existence of real danger of explosions and fires at dust materials needs consistently knowledge of chemical-physical and fire-technical characteristics. Fire-technical characteristics of dusts are used to qualitative comparison of flammability and explosibility, to design of precautionary measures and to forebode of fire and explosion effects. It is not possible to determine the listed characteristics by calculation; therefore the most regular results are determined experimentally.

Key words: fire-technical characteristics, food dusts, flash ignition temperature, self – ignition temperature, velocity of flame propagation

POŽIARNO-TECHNICKÉ VLASTNOSTI

Hoci potravinárske produkty múka, cukor, kakao, sušené mlieko, škrob a pod. sú nevyhnutnými zložkami našej potravy, ich výroba prináša so sebou riziká a to v spojitosti s existenciou výbušnej atmosféry.

Ide o horľavé prachy a pri ich výrobe, manipulácii a doprave môže dôjsť k tvorbe rozvírenej prachovzduchovej atmosféry a po splnení podmienok aj k výbuchu. Najspoľahlivejší spôsob, ako získať čo najpresnejšie informácie o výbušnosti a horľavosti danej látky, je experimentálne overenie jej vlastností a následný popis výsledkov skúšok pomocou požiaro-technických vlastností. Požiaro-technické vlastnosti nie sú, až na výnimky, fyzikálnymi konštantami, ale konvenčnými veličinami, ktorých reprodukovateľnosť závisí v značnej miere na kvalite materiálu, spôsobe uskutočnenia skúšok a na podmienkach vlastného testovania. Je preto nevyhnutné, aby každá takto stanovená hodnota obsahovala údaj o metodike skúšania, pokiaľ možno v súlade s európskou legislatívou.

Priemyselné prachy, vrátane potravinárskych, sa môžu vyskytovať v usadenom alebo rozvírenom stave. Základné požiaro-technické vlastnosti usadeného a rozvíreného prachu a ich výbuchové parametre sú dôležitými ukazovateľmi na posudzovanie požiarneho nebezpečenstva (tab.1).

Tab. 1 Požiaro-technické vlastnosti usadeného a rozvíreného prachu

Usadený prach	Rozvírený prach
minimálna teplota vznietenia usadeného prachu [°C] a príslušná indukčná doba vznietenia [s]	minimálna teplota vznietenia rozvíreného prachu [°C] a príslušná indukčná doba vznietenia [s]
rýchlosť šírenia plameňa [mm.s ⁻¹]	dolná medza výbušnosti [g.m ⁻³]
kritický tepelný tok sálavého tepla na zapálenie usadeného prachu [°C]	maximálne výbuchové parametre, t.j. maximálny výbuchový tlak [MPa] a maximálna rýchlosť nárastu výbuchového tlaku [MPa.s ⁻¹]
kritická degradačná teplota [°C]	minimálna iniciačná energia [J]
spalné teplo a výhrevnosť [MJ.kg ⁻¹]	limitný obsah kyslíka [obj. % O ₂]
kyslíkové číslo [obj. % O ₂]	

Najčastejšou príčinou výbuchu aerosólu je iniciácia od horiacej usadenej vrstvy prachu. Z tohto dôvodu je dôležité poznať minimálnu teplotu vznietenia usadeného prachu. Vznietenie usadeného prachu je jedna z dôležitých vlastností prachových zmesí (1, 2).

Pod vznietivosťou sa rozumie vlastnosť látok uvoľňovať pri vyšších teplotách prehavé, horľavé rozkladné produkty, ktoré môžu byť zapálené vonkajším zdrojom zapálenia, alebo u nich nastane samovznietenie alebo bezplameňové horenie (tlenie, žeravenie) (3, 4). Teplota vznietenia (SIT) je teda najnižšia teplota, pri ktorej za definovaných podmienok skúšky nastane vznietenie zahrievaním, bez prítomnosti akéhokoľvek prídavného zdroja plameňa (5).

Teplota vzplanutia (FIT) je definovaná ako najnižšia teplota, pri ktorej sa za definovaných podmienok skúšky uvoľní dostatočné množstvo horľavých plynov, ktoré pôsobením zapalovacieho plameňa ihneď vzplanú.

Usadený prach má po iniciácii skon iba k pomalým oxidačným reakciám, ako je tlenie, žeravenie alebo nízkoteplotná karbonizácia. Rýchlosť horenia usadeného prachu sa môže pohybovať v širšom intervale od pomalého šírenia a tlenia až po prudký výbuch.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Najspoľahlivejší spôsob získania najpresnejších informácií o výbušnosti a horľavosti látky je konkrétny reprezentatívny odber vzorky (napr. z technológie, filtračného zariadenia, prášneho sedimentu a pod.) a experimentálne overenie vlastností v laboratóriu a následný popis výsledkov skúšky pomocou požiarno-technických vlastností.

K stanoveniu boli použité nasledovné druhy potravinárskych prachov:

- kukuričný škrob jemný GUSTIN,
- kukuričná múka KRONER,
- pšeničná múka hladká T-650,
- pšeničný prach z mlynu ZÁHORIE a.s..

1 Sitová analýza

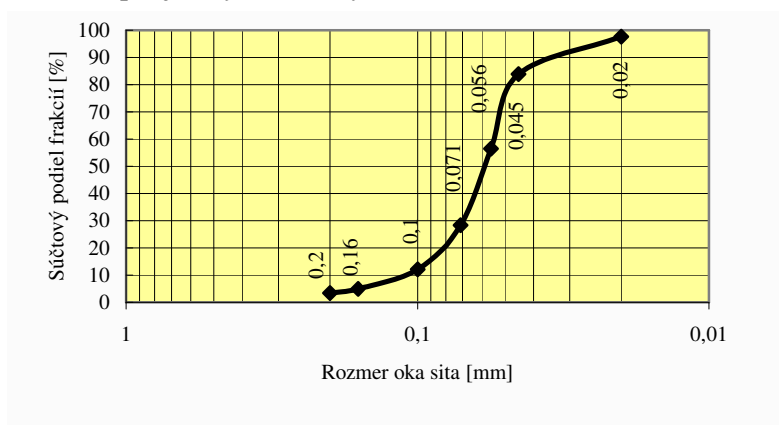
Bola uskutočnená sitová analýza jednotlivých prachov, pred analýzou bol každý prach stabilizovaný v exikátore 24 hodín pri teplote 23 °C a vlhkosti 34 %. Výsledky jednotlivých analýz prachov sú v tab. 2 vyjadrené ako percentuálny podiel jednotlivých hmotnostných frakcií.

Tab. 2 Percentuálne podiely jednotlivých frakcií potravinárskych prachov

Rozmer oka [mm]	p _v [%]		
	pšeničná múka hladká	kukuričný škrob jemný	kukuričná múka
0,315	17,71	3,36	15,85
0,25	44,47	1,54	23,96
0,2	5,80	7,24	39,63
0,16	4,94	16,26	6,96
0,1	16,33	28,05	9,64
0,071	7,62	27,45	2,48
< 0,071	2,00	13,75	0,6
straty	1,16	2,18	0,89

Pozn.: Sitová analýza sa nevykonala u pšeničného prachu z mlynov, pri preosievaní zalepoval otvory sita a zhlukoval sa.

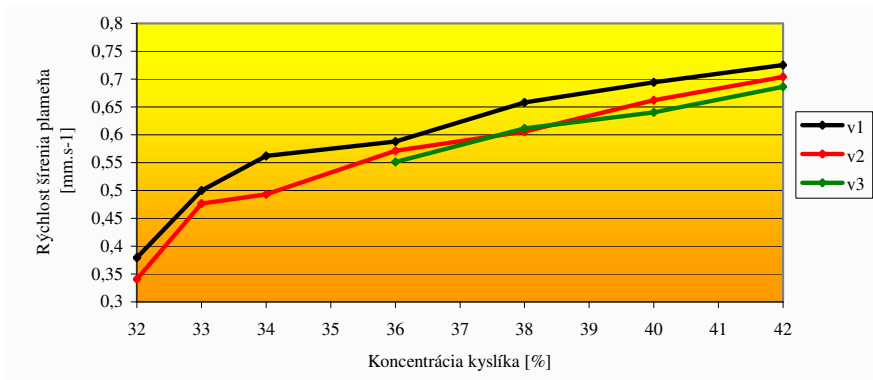
Na obr. 1 je súčtová krivka pre jemný kukuričný škrob.



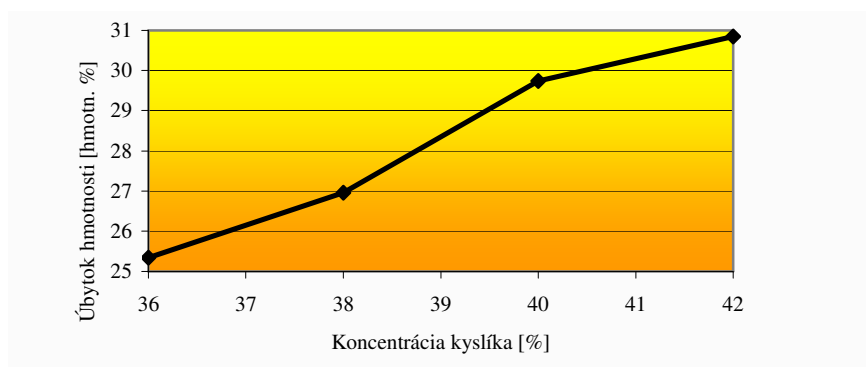
Obr. 1 Súčtová krivka zrnitosti kukuričného škrobu

2 Stanovenie limitného kyslíkového čísla a rýchlosti šírenia plameňa

Stanovenie LKČ a rýchlosti šírenia plameňa vybraných druhov potravinárskych prachov bolo vykonané v horizontálnej polohe s použitím kovového žliabku. Obr. 2 vyjadruje závislosť rýchlosti šírenia plameňa na jednotlivých úsekoch od koncentrácie kyslíka a obr. 3 závislosť percentuálneho úbytku hmotnosti vzorky od koncentrácie kyslíka pre vzorku kukuričného škrobu.



Obr. 2 Rýchlosť šírenia plameňa od koncentrácie kyslíka u kukuričného škrobu



Obr. 3 Úbytok hmotnosti od koncentrácie kyslíka u kukuričného škrobu

Výsledky meraní LKČ potravinárskych prachov sú uvedené v tab. 3.

Tab. 3 LKČ vybraných potravinárskych prachov

Vzorka prachu	LKČ [% obj.]	Rýchlosť šírenia plameňa po povrchu [mm.s ⁻¹]
Kukuričný škrob jemný	32	0,640
Kukuričná múka	36	0,524
Pšeničná múka hladká	33	0,765
Pšeničný prach z mlynov	31	0,379

Spomedzi všetkých testovaných prachov dosiahla na celom úseku žliabku (140 mm) a pri koncentrácii kyslíka 40 % najvyššiu rýchlosť šírenia plameňa vzorka hladkej pšeničnej múky a najnižšiu vzorka pšeničného prachu. Pri koncentrácii 40 % mala najväčší percentuálny hmotnostný úbytok vzorka pšeničného prachu $\Delta m = 52,27 \%$, nasleduje hladká pšeničná múka $\Delta m = 30,99 \%$, jemný kukuričný škrob s $\Delta m = 29,74 \%$ a nakoniec kukuričná múka s $\Delta m = 29,44 \%$.

Jemný kukuričný škrob tvoril plameň žltej až oranžovej farby naproti tomu ostatné vzorky mali modrastý odtieň plameňa, ktorý prechádzal do oranžovej. Šírenie plameňa bolo sprevádzané tvorbou bieleho dymu a uvoľňovaním vody, ktorá následne kondenzovala na vnútorných stranách sklenenej žiaruvzdornej trubice.

3 Stanovenie minimálnej teploty vznietenia prachov v usadenom a v rozvírenom stave

Stanovenia minimálnej teploty vznietenia prachov v usadenom stave t_{\min}^u a minimálnej teploty vznietenia prachov v rozvírenom stave t_{\min}^r boli vykonané podľa normy IEC 1241-2-1. Vzorky prachov boli rovnako stabilizované a upravené ako v predchádzajúcom stanovení. Výška vzorky usadených prachov bola 5 mm. Do teploty 400 °C nebola pozorovaná pozitívna odozva pre testované prachy. V norme sa uvádza, že pre účely tejto normy sa skúšky prerušia, pokiaľ nedôjde ku vznieteniu vrstvy prachu pri teplote vyhrievaného povrchu nižšej než 400 °C a táto skutočnosť sa zaznamená ako výsledok skúšky (tab. 4).

Kukuričná múka má aj najvyššiu hodnotu t_{\min}^r rovnú 420 °C, z čoho možno usudzovať, že je najmenej horľavá spomedzi testovaných prachov, čo úzko súvisí s výsledkom sitovej analýzy (tab. 4).

Tab. 4 Minimálne teploty vznietenia prachov v usadenom a rozvírenom stave

Vzorka prachu	Teplota vznietenia prachu vo vrstve t_{\min}^u [°C]	Teplota vznietenia prachu v rozvírenom stave t_{\min}^r [°C]
Kukuričný škrob	> 400	390
Kukuričná múka	> 400	420
Pšeničná múka hladká	> 400	390
Pšeničný prach z mlynu	> 400	410

4 Stanovenie teploty vznietenia metódou STN ISO 871

Ďalšou metódou stanovenia teplôt vznietenia (vzplanutia) je metóda STN ISO 871: 1999. Plasty. Stanovenie zápalnosti v teplovzdušnej peci, tzv. Setchkinov test. Touto metódou je možné skúšať materiály aj vo forme granúl alebo prášku. Na testovanie bolo použité množstvo vzorky prachu s hmotnosťou 3,0 g. Vzorky vybraných prachov horeli plameňom, preto bolo možné jednoducho stanoviť indukčné periódy vznietenia a aj príslušné aktivačné energie (tab. 5). Základom stanovenia aktivačnej energie je Arrheniova rovnica, ktorá sa najčastejšie vyjadruje v logaritmickej forme:

$$\ln k = \ln A - \frac{E_A}{R \cdot T}$$

Tab. 5 Teploty vznietenia potravinárskych prachov stanovené Setchkinovou metódou a vypočítané aktivačné energie

Druh prachu	SIT [° C]	Indukčná perióda [s]	Aktivačná energia [kJ.mol ⁻¹]
Kukuričný škrob	400	340,90	613,7
Kukuričná múka	440	227,10	435
Pšeničná múka hladká	470	84,70	239,7

Pšeničný prach z mlynu	460	124,20	317,3
------------------------	-----	--------	-------

ZÁVER

Prachy svojím názvom nebezpečenstvo výbuchu a požiaru nesignalizujú, naopak sú známe ako potraviny (cukor, múka, kakao, škrob a pod.) (6). Aby sa zabránilo vzniku týchto neželateľných udalostí, je potrebné prijímať účinné preventívne opatrenia. To si vyžaduje správne vyhodnotiť všetky vplyvy, ktoré môžu spôsobiť výbuch, resp. požiar (napr. prítomnosť jemného podielu prachu, teplota, vlhkosť a pod.). Preto každý projektant, výrobca, majiteľ a prevádzkovateľ zariadenia, ktorý môže svojím jednaním ovplyvniť úroveň bezpečnosti, by mal venovať náležitú pozornosť otázkam protivýbuchovej a protipožiarnej ochrany. Na posúdenie nebezpečných vlastností prachov sa používajú aj nami sledované laboratórne testy, ktorých kombináciou možno získať dôležité informácie o správaní sa prašných látok v reálnom prostredí.

LITERATÚRA:

1. DAMEC, J. Nebezpečí výbuchu průmyslových prachů (2. část). In *150 hoří*, 1993, roč. 3, č.2, s. 6-7.
2. ŠENOVSKÝ, M. *Základy požární taktiky*. Ostrava: SPBI Spektrum, 2001. ISBN 80-86111-11-3
3. BALOG, K., KVARČÁK, M. *Dynamika požáru*. Ostrava: SPBI Spektrum, 1999. ISBN 80-86111-44-X
4. BALOG, K. Tepelné samozahrievanie a samovznietenie materiálov. In *Arpos*, 2002, ročník III, č.1, s. 4-8.
5. BALOG, K. *Samovznietenie. Samozahrievanie, vznietenie, vzplanutie*. Ostrava: SPBI Spektrum, 1999. ISBN 80-86111-43-1
6. DAMEC, J. a kol. *Protivýbuchová prevence v potravinářství a zemědělství*. Ostrava: SPBI Spektrum, 1999. ISBN 80-86111-41-5
7. TUREKOVÁ, I., SLABÁ, I., DUCHOŇ, M. Hodnotenie rizík prachu v pracovnom prostredí. In: *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2007 : Sborník přednášek / nadát. Mezinárodní konference. VII. ročník. Ostrava, 12.-13.6.2007. - Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. - ISBN 978-80-7385-004-3. - S. 321-327*

ADRESA AUTORA:

Doc. Ing. Ivana TUREKOVÁ, PhD., Katedra bezpečnostného inžinierstva, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, e-mail: ivana.turekova@stuba.sk

RECENZENT:

prof. Ing. Karol BALOG, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovo-technologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: karol.balog@stuba.sk