VLIV TYPU ROZVIŘOVACÍ TRYSKY NA MAXIMÁLNÍ VÝBUCHOVÉ PARAMETRY PRACHU

Petr Lepík[1]; Miroslav Mynarz[2]; Jiří Serafín[3]

ABSTRACT
Paper deals with issues the establishment of maximum explosion parameters of dust on explosion autoclave VA-250 using different dispersion nozzles. In the experimental measurements were performed measurements of the maximum explosion parameters using 4 types dispersion nozzle (rebound nozzle, dispersion bowl, semi-circular dispersion ring and dispersion cone). In conclusion, the comparison of the maximum explosion parameters of wheat flour for different types of dispersion nozzles is made.

Key words:
Dust; explosion parameters; disperse nozzle

ABSTRAKT
Příspěvek se zabývá problematikou stanovení maximálních výbuchových parametrů prachu na výbuchovém autoklávu VA-250 za použití různých rozvířovacích trysek. V rámci experimentálního měření bylo provedeno měření maximálních výbuchových parametrů za použití 4 typů rozvířovacích trysek (tryska se zpětným odrazem, rozvířovací miska, půlkruhová rozvířovací trubka a rozvířovací kužel). V závěru je provedeno porovnání maximálních výbuchových parametrů pšeničné hladké mouky pro jednotlivé typy rozvířovacích trysek.

Klíčová slova:
prach; výbuchové parametry; rozvířovací tryska

[1]Peter Lepík, Ing., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra bezpečnosti práce a procesů, Lumírova 630/13, Ostrava - Výškovice, 700 30, Česká republika, petr.lepik@vsb.cz, +420 597 322 896
[2]Miroslav Mynarz, Ing., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany, Lumírova 630/13, Ostrava - Výškovice, 700 30, Česká republika, miroslav.mynarz@vsb.cz, +420 597 322 889
[3] Jiří Serafín, Ing. PhD., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra bezpečnosti práce a procesů, Lumírova 630/13, Ostrava - Výškovice, 700 30, Česká republika, jiri.serafin@vsb.cz, +420 597 322 855

1 ÚVOD

Maximální výbuchové parametry (maximální výbuchový tlak a maximální rychlost nárůstu výbuchového tlaku) jsou základní parametry pro identifikaci nebezpečí a návrhu bezpečnostních opatření k omezení účinku výbuchu prachu při návrhu konstrukcí zařízení, ochranných systému a zařízení pro snížení účinku výbuchu.

Pro experimentální stanovení výbuchových parametrů prachů se standardně používá výbuchový autokláv o objemu 1 m^3, nebo jako alternativní zkušební zařízení lze použít výbuchový autokláv o objemu 20 l. Na VŠB-TU Ostrava, Fakultě bezpečnostního inženýrství je pro stanovení výbuchových parametrů k dispozici výbuchový autokláv o objemu 250 l s označení VA – 250.

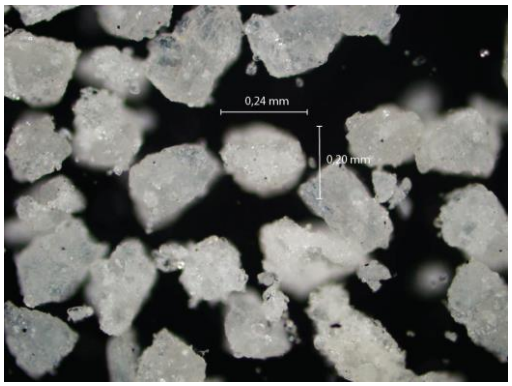
Pro získání co nejlepších výbuchových parametrů je nutné, aby testovaný vzorek prachu byl co nejlépe rozvířen v celém objemu zkušebního zařízení. Proces rozvíření prachu může být ovlivněn mnoha faktory, jako jsou parametry testovaného prachu (velikost částic, sypná hustota, vlhkost, …), ale také zvolenými parametry zkušebního zařízení (typ rozvořovače, rozvořovací tlak, doba rozvíření a doba zpoždění iniciace), které ovlivňují stav oblaku prachu při jeho iniciaci a tím i jeho výbuchové parametry.

Pro měření maximálních výbuchových parametrů definuje norma ČSN EN 14034 tři typy rozvořovačů (rebound nozzle – tryska se zpětným odrazem, dispersion bowl – rozvořovací miska a semi-circular dispersion ring – půlkruhová rozvořovací trubka). Jakýkoliv jiný typ rozvořovače musí být popsán v protokolu o zkoušce. Fakulta bezpečnostního inženýrství má vyvinutý vlastní typ rozvořovače a to dispersion cone – rozvořovací trysku. Rozvořovací tlak pro měření maximálních výbuchových parametrů je normou striktně definován na 20 barů.

2 EXPERIMENT

2.1 TESTOVANÝ MATERIÁL

Pro experimentální měření vlivu typu rozvořovací trysky na maximální výbuchové parametry byl zvolen jeden vzorek prachu – pšeničná hladká mouka. Vzorek pšeničné hladké mouky je zobrazen na obrázku č. 1.



Obrázek č. 1 – Vzorek pšeničné hladké mouky

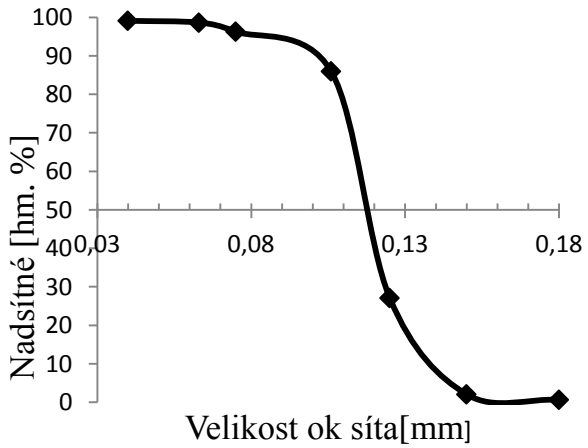
Testovaný vzorek byl vysušen a stanovena jeho sypná hustota, jejíž výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 1. Dále byla provedena sítová analýza, jejíž výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 2 a na obrázku č. 2.

Tabulka č. 1 – Sypná hustota pšeničné hladké mouky

Vzorek	**Sypná hustota [kg.m^{-3}]**
Pšeničná hladká mouka	530

Tabulka č. 2 – Sítová analýza pšeničné hladké mouky

Granulometrický stav	P
Síto [mm]	nadsítné [hm. %]
0.040	99.10
0.063	98.64
0.075	96.29
0.106	85.92
0.125	27.1
0.150	2.05
0.180	0.65
Střední velikost zrna [mm]	0.118

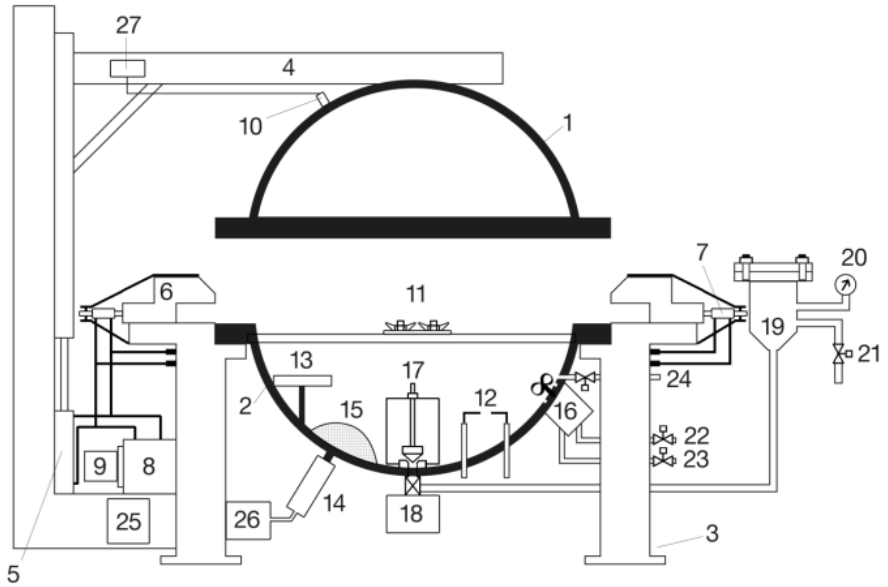


Obrázek č. 2 – Sítová analýza pšeničné hladké mouky

2.2 ZKUŠEBNÍ ZAŘÍZENÍ

Experimentální měření maximálních výbuchových parametrů bylo provedeno na výbuchovém autoklávu VA – 250 s objemem výbuchového prostoru 250 l. Výbuchový autokláv VA – 250 umožňuje stanovení dolních mezí výbušnosti, limitního obsahu kyslíku a maximálních výbuchových parametrů hořlavých plynů, par hořlavých kapalin, prachů a jejich kombinací. Schéma výbuchového autoklávu je zobrazeno na obrázku č. 3.

Měření maximálních výbuchových parametrů bylo prováděno za atmosférického tlaku v rozsahu počátečních teplot 15°C až 30°C. Pro měření byl použit chemický iniciační zdroj o celkové energii 10 kJ (2 x 5 kJ) a doba zpoždění iniciace byla nastavena na 200 ms. Rozvřovací tlak byl nastaven na hodnotu 20 barů.



Obrázek č. 3 – Schéma výbuchového autoklávu VA – 250 [1]

1. Horní polokoule
2. Dolní polokoule
3. Spodní rámová konstrukce
4. Pohyblivá rámová konstrukce
5. Hydraulický píst na otvírání komory
6. Uzavírací kameny – 12 ks. (zámky)
7. Hydraulický píst pro uzavírací kameny
8. Hydraulická jednotka
9. Motor hydraulické jednotky
10. Tlakové čidlo
11. Kontakty pro iniciaci palníku
12. Elektrody vysokého napětí
13. Vyjímatelná topná plotýnka
14. Pneumatický ventil vývěvy
15. Krycí síto
16. Míchadlo
17. Nastavitelný rozvřovací kužel
18. Pneumatický ventil rozvřovaní
19. Zásobník rozvřovaného vzorku
20. Manometr
21. Elektromagnetický ventil
22. Elektromagnetický ventil PLYN 1
23. Elektromagnetický ventil PLYN 2
24. Elektromagnetický ventil odtlakování
25. Elektronika autoklávu
26. Motor vývěvy
27. Převodník elektrického signál

2.3 ROZVIŘOVACÍ TRYSKY

Experimentální měření vlivu typu rozvřovače na maximální výbuchové parametry bylo provedeno celkem na 4 typech rozvřovacích trysek, jmenovitě rebound nozzle - tryska se zpětným odrazem zobrazena na obrázku č. 4, dispersion bowl - rozvřovací miska zobrazena na obrázku č. 5, semi-circular dispersion ring - půlkruhová rozvřovací trubka zobrazena na obrázku č. 6 a dispersion cone - rozvřovací kužel zobrazený na obrázku č. 7.

Obrázek č. 3 – Rebound nozzle - Tryska se zpětným odrazem

Obrázek č. 5 – Dispersion bowl - Rozvířovací miska

Obrázek č. 6 – Semi-circular dispersion ring - Půlkruhová rozvířovací trubka

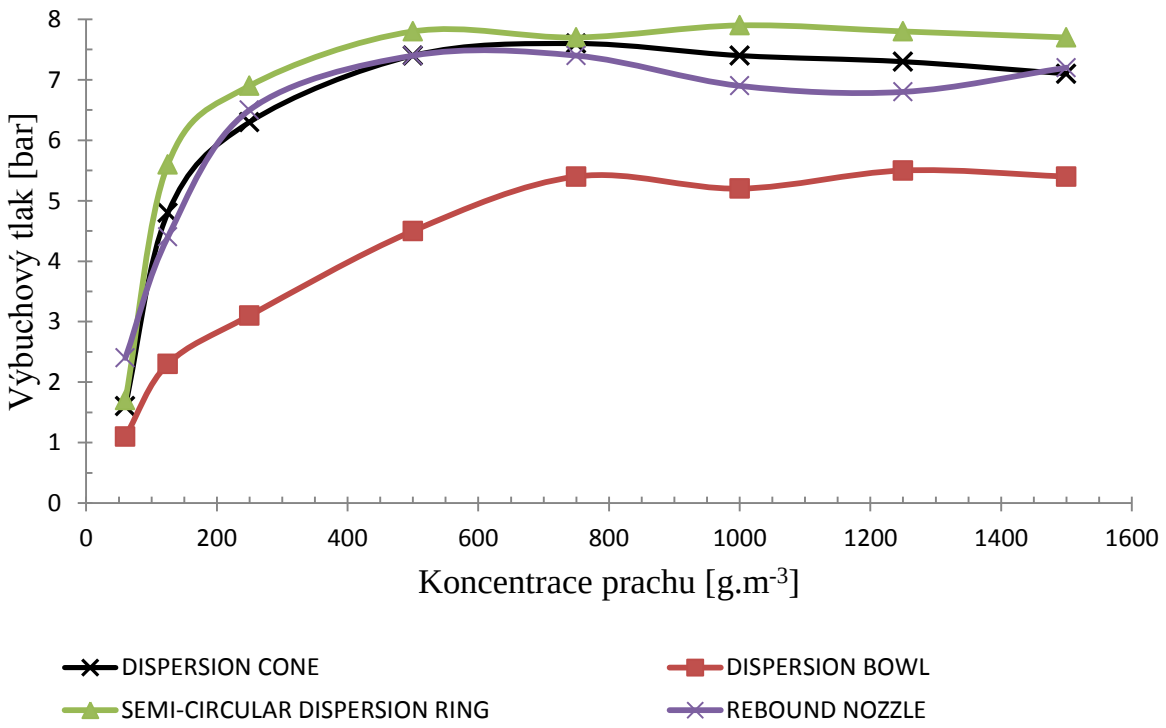
Obrázek č. 7 – Dispersion cone - Rozvířovací kužel

3 VÝSLEDKY

Experimentální měření vlivu typu rozvířovače na maximální výbuchové parametry bylo provedeno se vzorkem pšeničné hladké mouky. Výsledky výbuchových tlaků pro jednotlivé typy rozvířovacích trysek jsou uvedeny v tabulce č. 2 a na obrázku č. 8. Hodnoty kubických konstant pšeničné hladké mouky pro jednotlivé typy rozvířovacích trysek jsou uvedeny v tabulce č. 3 a na obrázku č. 9.

Tabulka č. 2 – Výbuchové tlaky pšeničné hladké mouky

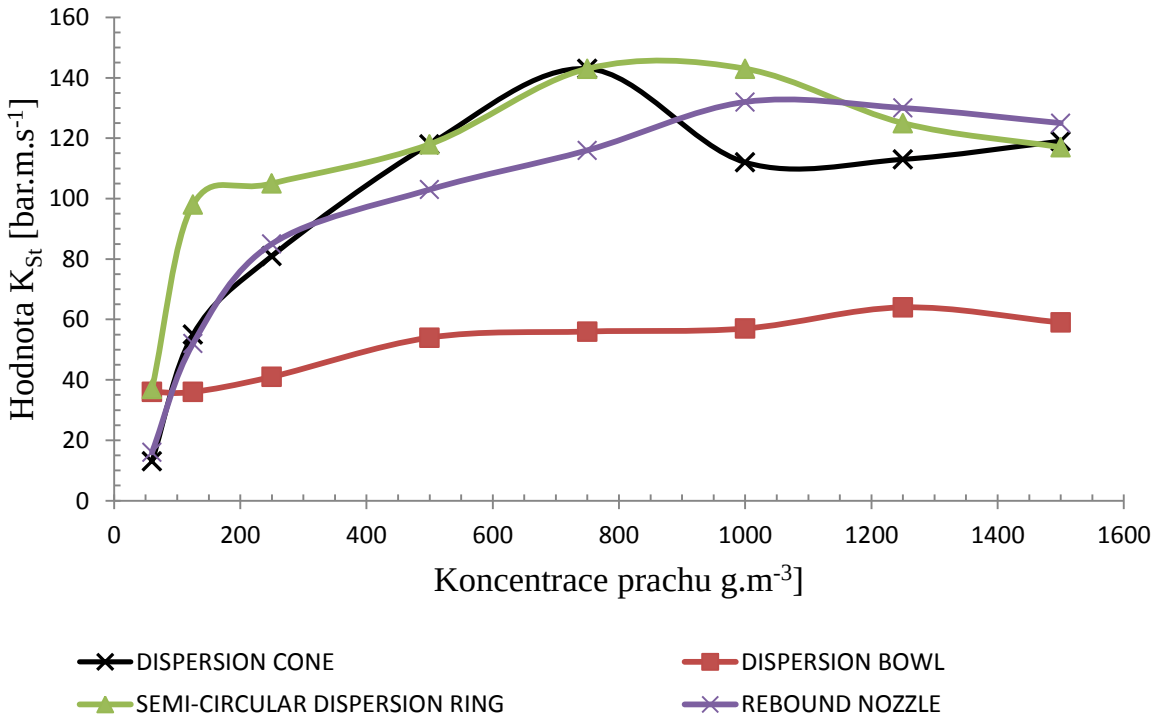
	Výbuchový tlak [bar]			
Koncentrace prachu [g.m^{-3}]	***Dispersion cone*** **Rozvířovací kužel**	***Dispersion bowl*** **Rozvířovací miska**	***Semi-circular dispersion ring*** **Půlkruhová rozvířovací trubka**	***Rebound nozzle*** **Tryska se zpětným odrazem**
60	1.6	1.1	1.7	2.4
125	4.8	2.3	5.6	4.4
250	6.3	3.1	6.9	6.5
500	7.4	4.5	7.8	7.4
750	7.6	5.4	7.7	7.4
1000	7.4	5.2	7.9	6.9
1250	7.3	5.5	7.8	6.8
1500	7.1	5.4	7.7	7.2



Obrázek č. 8 – Výbuchový tlak pšeničné hladké mouky

Tabulka č. 3 – Hodnoty kubické konstanty pšeničné hladké mouky

	Hodnota K_{St} [bar.m.s^{-1}]			
Koncentrace prachu [g.m^{-3}]	***Dispersion cone*** **Rozvířovací kužel**	***Dispersion bowl*** **Rozvířovací miska**	***Semi-circular dispersion ring*** **Půlkruhová rozvířovací trubka**	***Rebound nozzle*** **Tryska se zpětným odrazem**
60	13	36	37	16
125	55	36	98	52
250	81	41	105	85
500	118	54	118	103
750	143	56	143	116
1000	112	57	143	132
1250	113	64	125	130
1500	119	59	117	125



Obrázek č. 9 – Kubické konstanty pšeničné hladké mouky

4 ZÁVĚR

Bylo provedeno experimentální stanovení vlivu typu rozvířovací trysky na maximální výbuchové parametry vzorku prachu pšeničné hladké mouky. Experimentální měření bylo provedeno na výbuchovém autoklávu VA – 250 za použití čtyř typů rozvířovacích trysek (rebound nozzle – tryska se zpětným odrazem, dispersion bowl – rozvířovací miska, semi-circular dispersion ring – půlkruhová rozvířovací trubka a dispersion cone – rozvířovací kužel). Rozvířovací tlak byl nastaven na 20 barů, doba zpoždění iniciace byla nastavena na 200 ms a byla použita chemická iniciace o celkové energii 10 kJ (2 x 5 kJ).

Z výsledků experimentálního měření lze učinit závěr, že nejvyšších výbuchových parametrů pro pšeničnou hladkou mouku za stanovených podmínek experimentu bylo dosaženo s půlkruhovou rozvířovací trubkou, při které bylo dosaženo nejlepšího rozvíření prachového vzorku do prostoru výbuchového autoklávu. Výbuchové parametry se ovšem příliš neliší s výsledky získanými pro trysku se zpětným odrazem a rozvířovací kužel. Nejnižších výbuchových parametrů bylo dosaženo pro rozvířovací misku.

Vhodnost použití daného typu rozvířovací trysky je ovšem ovlivněna vlastnostmi zkoušeného vzorku, kdy při testování např. vláknitých materiálu nemusí být vhodné použití trysky se zpětným odrazem a půlkruhové rozvířovací trubky z důvodu velikosti výstupních otvorů z trysky a možného ucpávání. Pro vláknité materiály se předpokládá vhodný typ rozvířovací trysky rozvířovací kužel a rozvířovcí miska, které nemají taková omezení velikosti výstupních otvorů. Vliv na maximální výbuchové parametry má i nastavení doby zpoždění iniciace, která ovlivňuje homogenitu prachového oblaku a intenzitu turbulence v době iniciace. Těmto parametrům ovlivňujícím výbuchové parametry se budeme věnovat v dalších pracích.

REFERENCE

[1] SERAFIN, Jiri, Ales BEBCAK, Ales BERNATIK, Petr LEPIK, Miroslav MYNARZ a Martin PITT. (2013) *The influence of air flow on maximum explosion characteristics of dust–air mixtures.* Journal of Loss Prevention in the Process Industries. vol. 26, issue 1, s. 209-214. DOI: 10.1016/j.jlp.2012.11.002.

Článok recenzovali dvaja nezávislí recenzenti.