



**SZKOŁA GŁÓWNA SŁUŻBY POŻARNICZEJ**  
01 - 629 WARSZAWA ul. Słowackiego 52/54  
tel. centr. (0-22) 56 -17-700 fax 833 - 07 - 24

**Zamawiający: Zakłady Przemysłu Ziemniaczanego w Pile „ZETPEZET” Sp. z o.o.,  
ul. Walki Młodych 30, 64-920 Piła**

**Zlecenie z dnia: 08.07.2013**

**Nr zlecenia: RN7-702/17/2013**

**L. Dz. SGSP: 11482/2013**

**Tytuł pracy: „Badanie właściwości palnych i wybuchowych pyłów skrobi  
ziemniaczanej”.**

	Data	Podpis
Kierownik/Wykonawca pracy badawczej: dr inż. Waldemar Jaskółowski	2.09.13	<b>KIEROWNIK</b> Zakładu Spalania i Teorii Pożarów  bryg. dr inż. Waldemar Jaskółowski
Warszawa, 2013		



**RAPORT (PROTOKÓŁ) nr 1**

**Z BADANIA TEMPERATURY ZAPŁONU WARSTWY I OBŁOKU SKROBI  
ZIEMNIACZANEJ STANDARD SUPERIOR ZGODNIE Z POLSKĄ NORMĄ  
PN-EN 50281:2002 (metoda A i metoda B)**

Warszawa dn. 26.08.2013 r.

1. **Przedmiot i metoda badania**  
Badanie temperatury zapłonu warstwy i obłoku skrobi ziemniaczanej Standard Superior zgodnie z Polską Normą PN-EN ISO 50281:2002 (metoda A i B)
2. **Nazwa i adres laboratorium badawczego**  
Szkoła Główna Służby Pożarniczej  
Zakład Spalania i Teorii Pożarów  
ul. Słowackiego 52/94  
01-629 Warszawa
3. **Nazwa i adres Zleceniodawcy**  
Zakłady Przemysłu Ziemniaczanego w Pile „ZETPEZET” Sp. z o.o.,  
ul. Walki Młodych 30,  
64-920 Piła
4. **Nazwa i adres Wytwórcy/Dostawcy materiałów**  
Zakłady Przemysłu Ziemniaczanego w Pile „ZETPEZET” Sp. z o.o.,  
ul. Walki Młodych 30,  
64-920 Piła
5. **Opis badanych materiałów**  
Skrobia ziemniaczana Standard Superior
6. **Metodyka pomiarowa**  
Oznaczenie minimalnych temperatur zapłonu pyłu wykonano zgodnie z PN-EN 50281:2002. Do oznaczania minimalnej temperatury, przy której dochodzi do rozkładu termicznego i/lub zapłonu warstwy pyłu (MTZW) o określonej grubości umieszczonej na płycie grzejnej stosowana jest zgodnie z PN-EN metoda A. Metodyka badania zawarta w metodzie A umożliwia określenie względnego zagrożenia pożarowo-wybuchowego warstw pyłów zalęgających na urządzeniach przemysłowych o gorących powierzchniach.



Do wyznaczenia wartości minimalnej temperatury zapłonu obłoku pyłu (MTZO) zastosowano zgodnie z PN metodę B.

Zgodnie z zalecaną procedurą należy uznać, że nastąpił zapłon warstwy pyłu jeżeli:

- zaobserwowano żarzenie lub palenie lub,
- mierzona temperatura osiągnęła wartość 450 °C lub,
- mierzona temperatura przekroczyła o 250 K temperaturę płyty grzejnej.

W odniesieniu do podpunktów b) i c), należy uznać, że zapłon nie nastąpił, jeżeli można wykazać, że reakcja nie przechodzi w proces żarzenia lub palenia. W niniejszej normie przyjmuje się, że badania powinny być przerwane, jeżeli zapłon warstwy pyłu nie nastąpi w temperaturze płyty grzejnej do 400°C. Fakt ten należy odnotować jako wynik badania.

*Minimalna temperatura zapłonu warstwy pyłu (MTZW)* - to najniższa temperatura powierzchni, w której następuje zapłon znajdującego się na tej powierzchni pyłu o określonej grubości warstwy.

*Minimalna temperatura zapłonu obłoku pyłu (MTZO)* – to najniższa temperatura wewnętrznej ścianki pieca, przy której następuje zapłon obłoku pyłu w powietrzu, znajdującym się wewnątrz tego pieca.

## 7. Wyniki badań

Minimalna temperatura zapłonu warstwy dostarczonego pyłu (MTZW) o grubości 12,5 i 5 mm dokładnie nie została oznaczona. Wynosi ona powyżej 420°C. Zgodnie z warunkami oznaczeń, zgodnych z PN, dalszych badań w wyższych temperaturach dla tego rodzaju pyłów nie należy wykonywać.

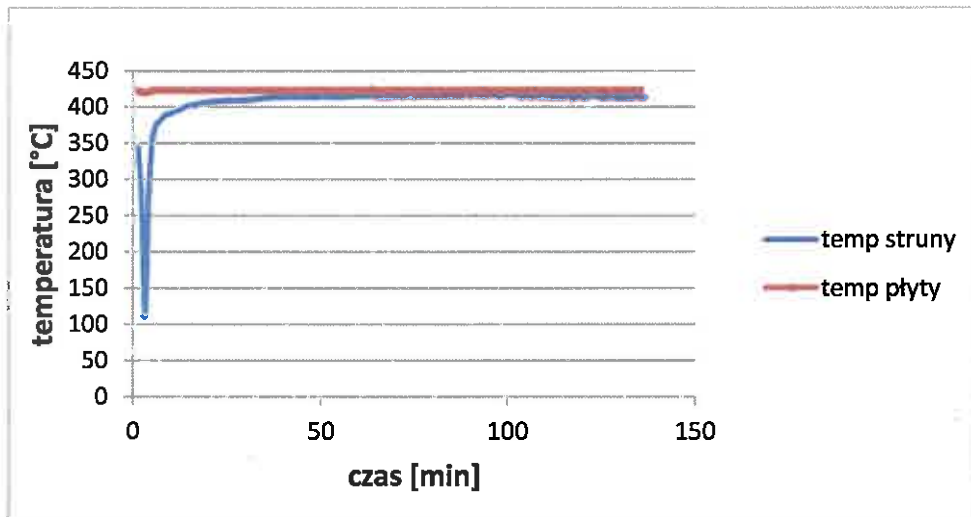
Minimalna temperatura zapłonu obłoku dostarczonego pyłu (MTZO) wynosi 440°C.

Szczegółowy wyniki badań przedstawiono w tab. 1-2 oraz na rys. 1-2.

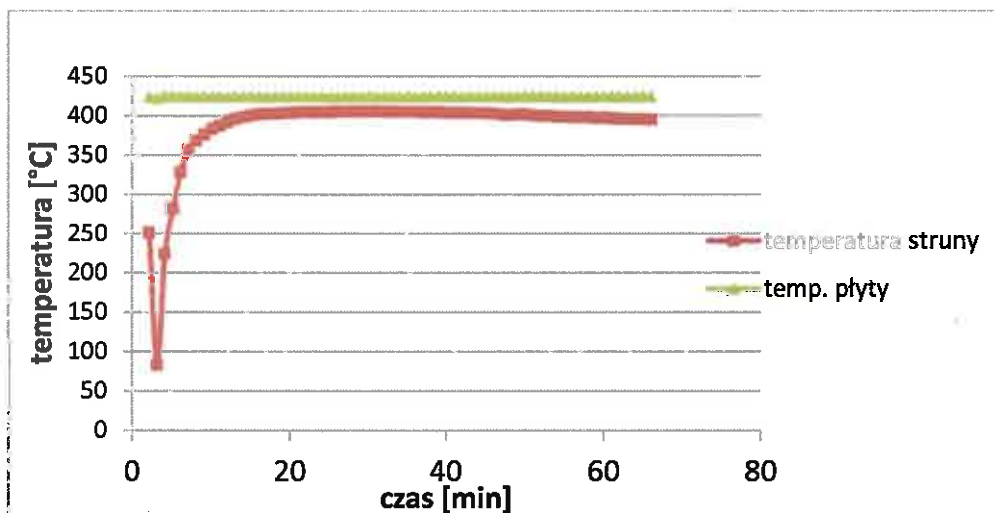
**Tab. 1.** Wyniki badań oznaczeń dla dostarczonego pyłu skrobi ziemniaczanej

Grubość warstwy	Gęstość nasypowa [kg/m <sup>3</sup> ]	Temperatura powierzchni [°C]	Wynik	Uwagi	MTZW [°C]
Rozmiar ziarna					
5 mm, ≤200 μm	730	>420	brak zapłonu	Pęcznienie warstwy, pękanie powierzchni	>420
		400	brak zapłonu		
		390	brak zapłonu		
12,5 mm, ≤200 μm	730	>420	brak zapłonu	Pęcznienie warstwy, pękanie powierzchni	>420
		400	brak zapłonu		
		390	brak zapłonu		

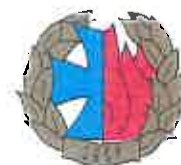
Wartości temp. wewnątrz pyłu (struny) i płyty grzewczej w funkcji grubości warstwy badanego pyłu ukazano na rys. 1 i 2



Rys.1. Wartości temp. wewnątrz pyłu (struny) i płyty grzewczej dla skrobi ziemniaczanej dla warstwy 12,5 mm nagrzanej do 420<sup>0</sup>C



Rys.2. Wartości temp. wewnątrz pyłu (struny) i płyty grzewczej dla skrobi ziemniaczanej dla warstwy 5 mm nagrzanej do 420<sup>0</sup>C



**Tab. 2.** Wyniki pomiarów minimalnej temperatury zapłonu obłoku dla dostarczonego pyłu skrobi ziemniaczanej

Nr serii	Temperatura pieca [°C]	Masa próbki [g]	Ciśnienie powietrza [kPa]	Zapłon
1	500	0,1	10	tak
2		0,2	20	słabo intensywny
3			50	słabo intensywny
4	500	0,3	30	słabo intensywny
5			50	słabo intensywny
6	500	0,5	30	słabo intensywny
7			50	słabo intensywny
8	500	1	30	intensywny
9			50	bardzo intensywny
10	480	1	50	nie
11				tak
12				tak
13	460	1	50	nie
14				tak
15				tak
16÷26	440	1	50	nie

Minimalna temperatura zapłonu obłoku skrobi ziemniaczanej wynosi 440 °C.

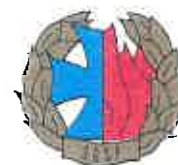
**Niniejszy dokument dotyczy wyłącznie badanych próbek i niekoniecznie oznacza, że wyroby podobne lub pozornie identyczne będą posiadać te same wartości.**

**Ilość stron protokołu:** niniejszy protokół zawiera cztery strony



**RAPORT (PROTOKÓŁ) nr 2**  
**Z BADAŃ DOLNEJ GRANICY WYBUCHOWOŚCI**  
**ORAZ GRANICZNEGO STĘŻENIA TLENU SKROBI**  
**ZIEMNIACZANEJ ZGODNIE Z POLSKIMI NORMAMI**  
**PN-EN 14034-3+A1 I PN-EN 14034-4+A1**

- 1. Przedmiot i metoda badania**  
Badania dolnej granicy wybuchowości (DGW) oraz granicznego stężenia tlenu (GST) skrobi ziemniaczanej Standard Superior zgodnie polskimi normami PN-EN 14034-3+A1 I PN-EN 14034-4+A1
- 2. Nazwa i adres laboratorium badawczego**  
Szkoła Główna Służby Pożarniczej  
Zakład Spalania i Teorii Pożarów  
ul. Słowackiego 52/94  
01-629 Warszawa
- 3. Nazwa i adres Zleceniodawcy**  
Zakłady Przemysłu Ziemniaczanego w Pile „ZETPEZET” Sp. z o.o.,  
ul. Walki Młodych 30,  
64-920 Piła
- 4. Nazwa i adres Wytwórcy/Dostawcy materiałów**  
Zakłady Przemysłu Ziemniaczanego w Pile „ZETPEZET” Sp. z o.o.,  
ul. Walki Młodych 30,  
64-920 Piła
- 5. Opis badanych materiałów**  
Skrobia ziemniaczana Standard Superior
- 6. Metodyka pomiarowa**  
Badania przeprowadzono zgodnie z polskimi normami PN-EN 14034-3:2011 oraz PN-EN 14034-4:2011 w zbiorniku o pojemności 20 dm<sup>3</sup>. Zbiornik posiada płaszcz wodny do odprowadzania ciepła wybuchu oraz ciśnieniowy pojemnik na pył, z którego poprzez szybki



zawór wyladowczy i dyszę pył ulega dyspersji w zbiorniku. Szybki zawór wyladowczy jest pneumatycznie otwierany i zamykany, a jego zawory są sterowane elektrycznie. Źródło zapłonu znajduje się w centrum zbiornika. Dodatkowo zbiornik wyposażony jest w system pomiaru ciśnienia. Źródło zapłonu składa się z elektrycznie aktywowanego pirotechnicznego zapalnika o energii 2 kJ. Jest to nominalna wartość energii wynikająca z masy pirotechnicznych zapalników. Po uruchomieniu zapalniki uwalniają gęsty obłok gorących cząstek z niewielką ilością gazu. Zapalniki odpalane są elektrycznie. Obwód zasilający zapalniki powoduje ich zapłon w czasie krótszym niż 10 ms. Zadaniem jednostki kontrolnej jest uruchomienie sekwencji wtrysku pyłu, aktywacji źródła zapłonu i startu systemu zapisu danych. System pomiaru ciśnienia zawiera dwa czujniki ciśnienia oraz układ rejestrujący. Głowica czujnika ciśnienia umieszczonego w zbiorniku testowym jest wyrównana do wewnętrznej ścianki zbiornika. Pomiar ciśnienia realizowany jest z dokładnością 0,1 bar i uwzględnia wpływ temperatury. Pomiar czasu odbywa się z dokładnością 1 ms. W skład systemu wchodzi miernik stężenia tlenu o dokładności 0,1 % V/V.

Warunki eksperymentu:

- ciśnienie dyspersji  $p_z$  – 20 bar (ciśnienie w pojemniku pyłu po załadowaniu badanej próbki),
- ciśnienie początkowe  $p_i$  – 1013 mbar (ciśnienie w zbiorniku testowym obniżone do 0,4 bar, tak by po uwolnieniu i dyspersji pyłu ciśnienie początkowe  $p_i$  osiągnęło wartość 1013 mbar),
- temperatura początkowa  $T_i$  – 20 °C (chłodzenie wodne uruchomione),
- czas opóźnienia  $t_v$  – 0,6±0,01 s
- źródło zapłonu – chemiczne zapalniki o energii łącznej 2 kJ.

## 1. Oznaczanie dolnej granicy wybuchowości (DGW) obłoków pyłu

Dolna granica wybuchowości obłoku pyłu to najniższe stężenie palnego pyłu w powietrzu przy którym zachodzi wybuch pyłu. Pomiar rozpoczął się od stężenia 500 g/m<sup>3</sup> (5g/20 dm<sup>3</sup>) i przy tym stężeniu zaobserwowano zapłon. Następnie przeprowadzono testy dla stężeń odpowiednio mniejszych skokowo o 50% tzn. dla stężeń 250 g/m<sup>3</sup> i 125 g/m<sup>3</sup>. Według normy w przypadku pomiarów prowadzonych w 20 dm<sup>3</sup> kuli przyjmuje się, że zapłon wystąpił jeśli zmierzony wzrost ciśnienia wybuchu przekracza 0,5 bar. Uznaje się, że wybuch pyłu nastąpił, gdy zmierzone nadciśnienie w stosunku do ciśnienie początkowego  $p_i$  wyniesie nie mniej niż 0,5 bar ( $p_{ex} \geq p_i + 0,5$  bar). Najwyższe stężenie palnego pyłu przy którym nie nastąpił wybuch w trzech kolejnych próbach oznacza dolną granicę wybuchowości.

Wyniki badania DGW:

Dolna granica wybuchowości dostarczonego pyłu wynosi 60 g/m<sup>3</sup>. Wyniki badań odnoszą się wyłącznie do badanych próbek. Wynik może odbiegać do 10 %.

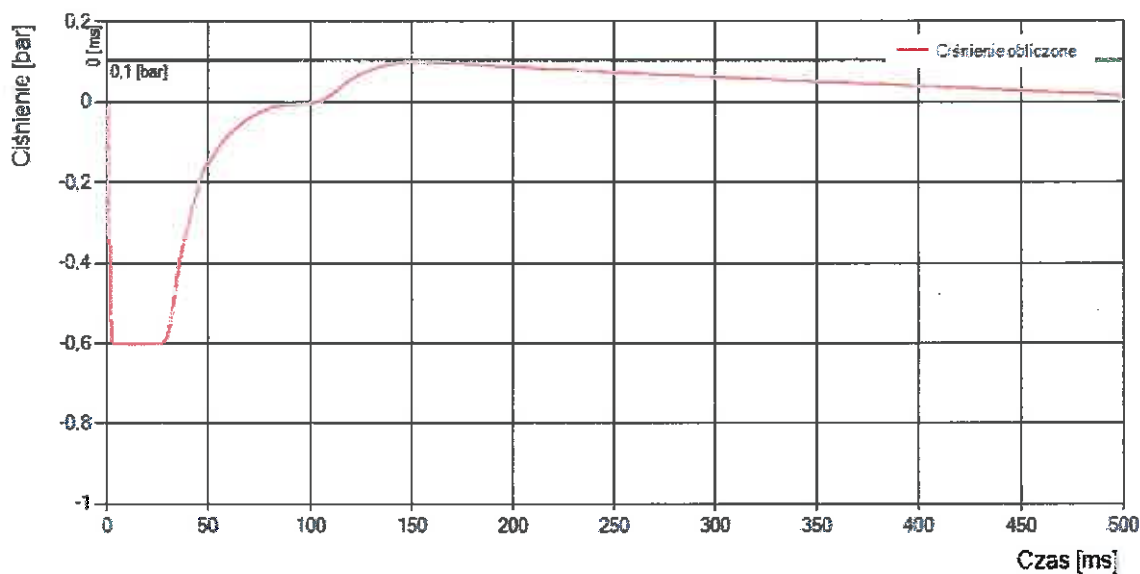


Wyniki oznaczeń DGW zostały przedstawione w tab. 1.

**Tab. 1.** Wyniki badań oznaczeń DGW dla dostarczonego pyłu skrobi ziemniaczanej

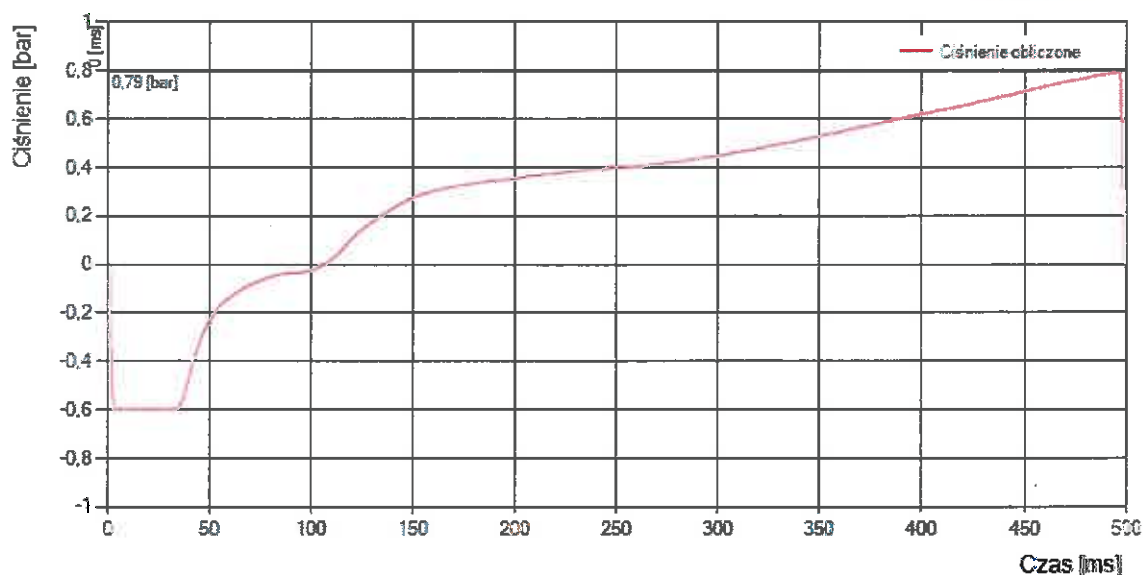
Rodzaj pyłu	Stężenie pyłu [g/m <sup>3</sup> ]	Wartość p <sub>ex</sub> [bar]	Wynik badania
pył skrobi ziemniaczanej	250	3,28	zapłon
		0,21	brak zapłonu
	125	0,05	brak zapłonu
		0,79	zapłon
		0,17	brak zapłonu
	60	0,5	brak zapłonu
		0,21	brak zapłonu
		0,21	brak zapłonu

Wykresy zależności p<sub>ex</sub> w funkcji czasu przedstawiono na rys. 1÷3

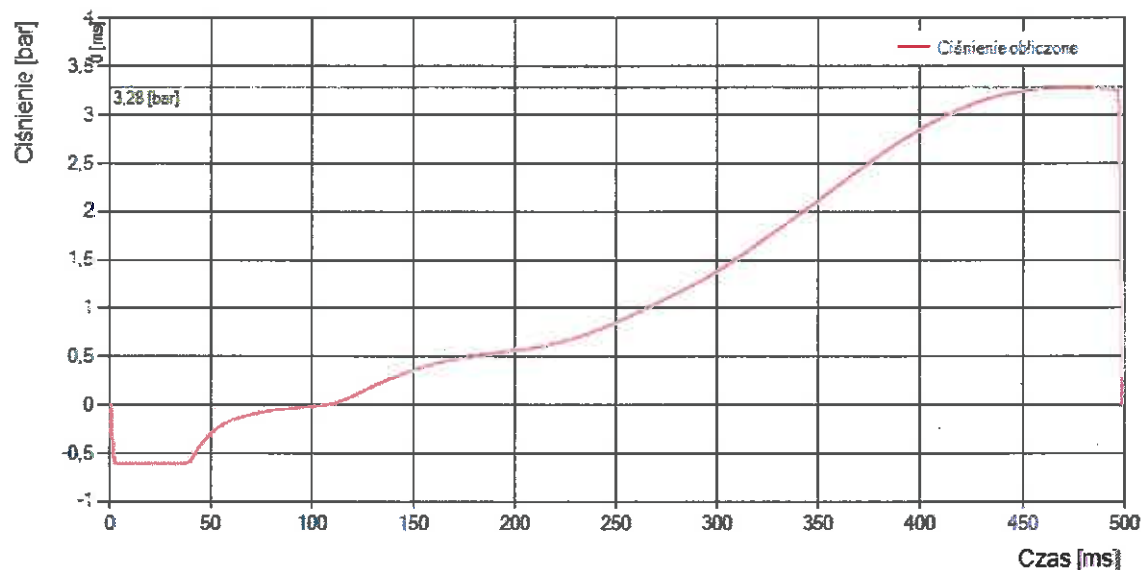


**Rys. 1.** Zależność p<sub>ex</sub> w funkcji czasu dla stężenia 60 g/m<sup>3</sup> – brak zapłonu





Rys. 2. Zależność  $p_{ex}$  w funkcji czasu dla stężenia 125 g/m<sup>3</sup> – zapłon



Rys. 3. Zależność  $p_{ex}$  w funkcji czasu dla stężenia 250 g/m<sup>3</sup> – zapłon

## 2. Oznaczanie granicznego stężenia tlenu (GST) obłoków pyłu

Graniczne stężenie tlenu to maksymalna wartość stężenia tlenu w mieszaninie pyłu, powietrza i gazu inertyzującego, przy której nie zachodzi wybuch pyłu w określonych warunkach badania i standardowych warunkach atmosferycznych. Gaz inertyzujący stanowił azot. Badania prowadzono zgodnie z procedurą opisaną w normie i rozpoczęto od stężenia 15% tlenu. W przypadku braku zapłonu zwiększano stężenie tlenu o 1% V/V. Wybuch pyłu uznano, że nastąpił gdy zmierzone nadciśnienie w stosunku do ciśnienia początkowego  $p_i$  wynosiło nie



mniej niż 0,5 bar ( $p_{ex} \geq p_i + 0,5$  bar). Najwyższe stężenie tlenu przy którym nie następuje wybuch, dla każdego stężenia pyłu w obłoku, w trzech kolejnych próbach, oznacza graniczne stężenie tlenu. Za prawidłowy pomiar uznaje się, gdy zmierzone stężenie tlenu zawierało się w zakresie  $\pm 0,3$  % V/V nominalnego stężenia. Po każdym badaniu przeprowadzano czyszczenie zbiornika testowego.

#### Wyniki badania GST:

Graniczne stężenie tlenu dostarczonego pyłu wynosi 18%. Wyniki badań odnoszą się wyłącznie do badanych próbek. Wynik może odbiegać do 1% V/V.

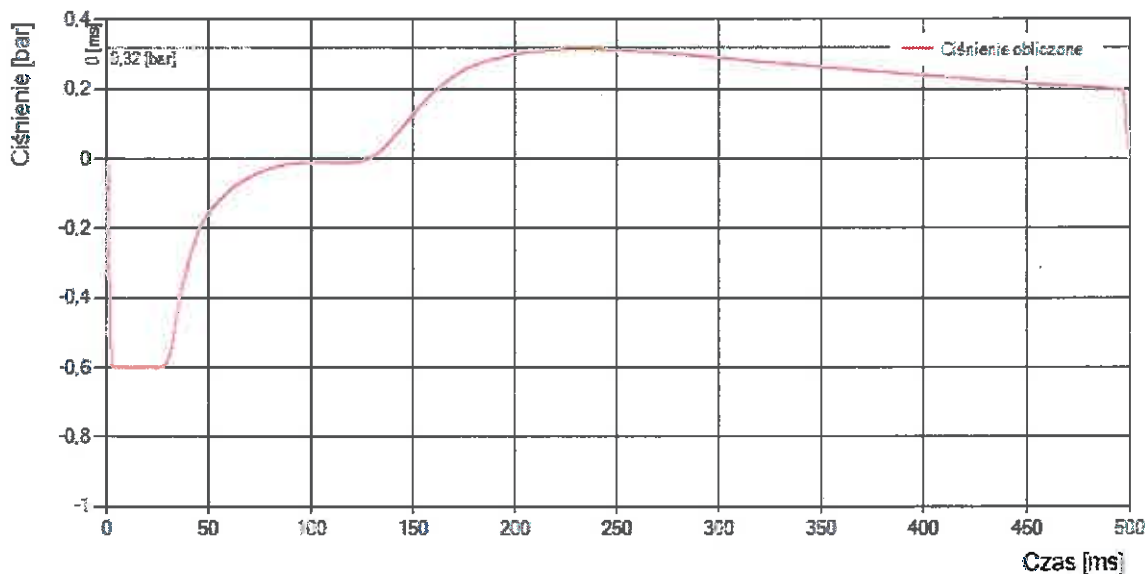
Wyniki oznaczeń GST zostały przedstawione w tabeli 2.

**Tabela 2.** Wyniki badań oznaczeń GST dla dostarczonego pyłu skrobi ziemniaczanej

Pył skrobi ziemniaczanej Standard Superior				
Stężenie pyłu [g/m <sup>3</sup> ]	125	250	500	750
Stężenie tlenu [%V/V]	Wartość $p_{ex}$ [bar]			
21	-	-	5,43 (zapłon)	-
20	0,46 (brak zapłonu)	1,08 (zapłon)	4,44 (zapłon)	0,1 (brak zapłonu)
19	-	0,17 (brak zapłonu)	0,2 (brak zapłonu)	-
19	-	1,84 (zapłon)	-	-
18	-	0,32 (brak zapłonu)	-	-
18	-	0,15 (brak zapłonu)	-	-
18	-	0,16 (brak zapłonu)	-	-
18	-	0,18 (brak zapłonu)	-	-
17	-	0,07 (brak zapłonu)	-	-
16	-	0,11 (brak zapłonu)	-	-
15	-	0,06 (brak zapłonu)	-	-



Wykresy zależności  $p_{ex}$  w funkcji czasu przedstawiono na rys. 4.



Rys 4. Zależność  $p_{ex}$  w funkcji czasu dla stężenia  $250 \text{ g/m}^3$  w atmosferze 18% V/V tlenu – brak zapłonu

**Niniejszy dokument dotyczy wyłącznie badanych próbek i niekoniecznie oznacza, że wyroby podobne lub pozornie identyczne będą posiadać te same wartości.**

**Ilość stron protokołu: niniejszy protokół zawiera sześć stron**



## RAPORT (PROTOKÓŁ) nr 3

### Z BADANIA MAKSYMALNEGO CIŚNIENIA WYBUCHU $P_{MAX}$ OBŁOKU PYŁU SKROBII ZIEMNIACZANEJ ZGODNIE PN-EN 14034-1:2011

Warszawa dn. 30.08.2013 r.

- 1. Przedmiot i metoda badania**  
Badanie maksymalnego ciśnienia wybuchu  $p_{max}$  skrobi ziemniaczanej Standard Superior zgodnie z Polską Normą PN-EN 14034-1:2011
- 2. Nazwa i adres laboratorium badawczego**  
Szkoła Główna Służby Pożarniczej  
Zakład Spalania i Teorii Pożarów  
ul. Słowackiego 52/94  
01-629 Warszawa
- 3. Nazwa i adres Zleceniodawcy**  
Zakłady Przemysłu Ziemniaczanego w Piłę „ZETPEZET” Sp. z o.o.,  
ul. Walki Młodych 30,  
64-920 Piła
- 4. Nazwa i adres Wytwórcy/Dostawcy materiałów**  
Zakłady Przemysłu Ziemniaczanego w Piłę „ZETPEZET” Sp. z o.o.,  
ul. Walki Młodych 30,  
64-920 Piła
- 5. Opis badanych materiałów**  
Skrobia ziemniaczana Standard Superior
- 6. Metodyka pomiarowa**  
Badania przeprowadzono zgodnie z polską normami PN-EN 14034-1:2011 w zbiorniku o pojemności 20 dm<sup>3</sup>. Zbiornik posiada płaszcz wodny do odprowadzania ciepła wybuchu oraz ciśnieniowy pojemnik na pył, z którego poprzez szybki zawór wyladowczy i dyszę pył ulega dyspersji w zbiorniku. Szybki zawór wyladowczy jest pneumatycznie otwierany i zamykany, a jego zawory są sterowane elektrycznie. Źródło zapłonu znajduje się w centrum zbiornika. Dodatkowo zbiornik wyposażony jest w system pomiaru ciśnienia. Źródło zapłonu składa się z elektrycznie aktywowanych dwóch pirotechnicznych zapalników o energii każdy 5 kJ. Po uruchomieniu zapalniki uwalniają gęsty obłok gorących cząstek z niewielką ilością gazu. Zapalniki odpalane są elektrycznie. Obwód zasilający zapalniki powoduje ich zapłon w czasie krótszym niż 10 ms. Zadaniem jednostki kontrolnej jest uruchomienie sekwencji wtrysku pyłu, aktywacji źródła zapłonu i startu systemu zapisu danych.



System pomiaru ciśnienia zawiera dwa czujniki ciśnienia oraz układ rejestrujący. Głowica czujnika ciśnienia umieszczonego w zbiorniku testowym jest wyrównana do wewnętrznej ścianki zbiornika. Pomiar ciśnienia realizowany jest z dokładnością 0,1 bar i uwzględnia wpływ temperatury. Pomiar czasu odbywa się z dokładnością 1 ms.

Warunki eksperymentu:

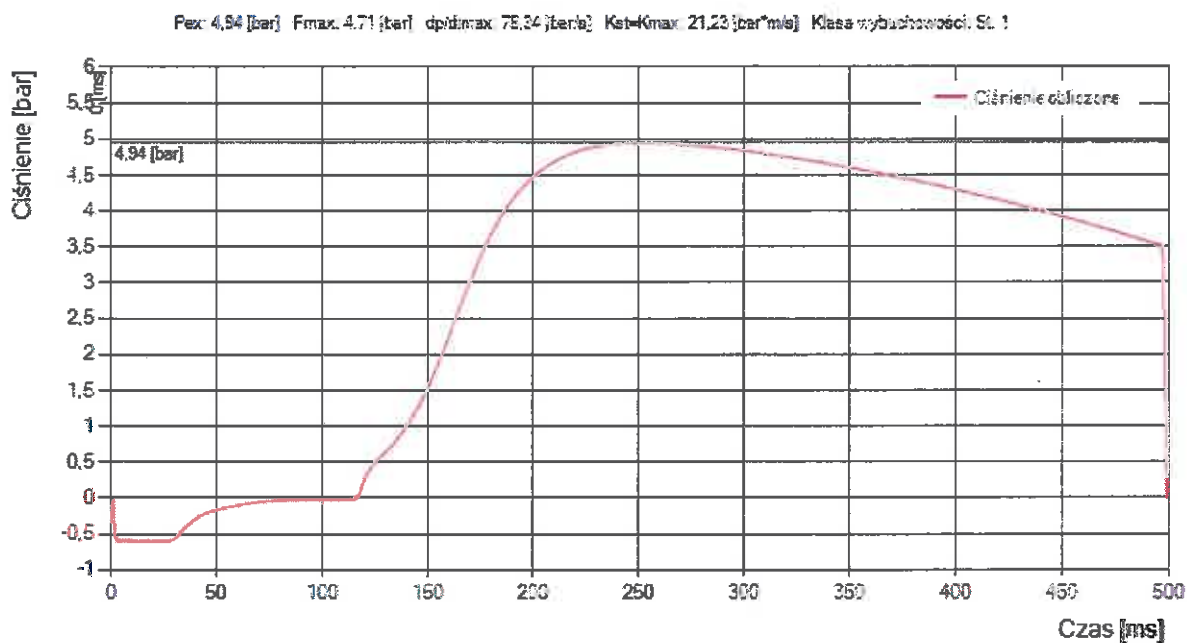
- ciśnienie dyspersji  $p_z$  – 20 bar (ciśnienie w pojemniku pyłu po załadowaniu badanej próbki),
- ciśnienie początkowe  $p_i$  – 1013 mbar (ciśnienie w zbiorniku testowym obniżone do 0,4 bar, tak by po uwolnieniu i dyspersji pyłu ciśnienie początkowe  $p_i$  osiągnęło wartość 1013 mbar),
- temperatura początkowa  $T_i$  – 20 °C (chłodzenie wodne uruchomione),
- czas opóźnienia  $t_v$  – 0,6±0,01 s
- źródło zapłonu – chemiczne zapalniki o energii łącznej 10 kJ (2 x 5 kJ).

**Wyniki badania  $P_{\max}$ :**

Maksymalne ciśnienie wybuchu  $p_{\max}$  dostarczonego pyłu skrobi ziemniaczanej wynosi **6,44 bar** (średnia arytmetyczna z trzech pomiarów uzyskanych przy stężeniu 1000g/m<sup>3</sup>). Wyniki badań odnoszą się wyłącznie do badanych próbek. Wynik może odbiegać do 10 %. Szczegółowe wyniki badań przedstawiono w tabeli 1. Na rys.1. przedstawiono przykładowy wykres obrazujący parametry wybuchu przy stężeniu odpowiadającym 250 g/m<sup>3</sup>.

Tab. 1. Wyniki badań maksymalnego ciśnienia wybuchu  $p_{max}$  dla skrobi ziemniaczanej

Rodzaj pyłu	Stężenie pyłu [g/m <sup>3</sup> ]	Nr serii	Wartość $p_{max}$ [bar]	Średnia wartość $p_{max}$ [bar]
pył skrobi ziemniaczanej	250	1	4,68	4,71
		2	4,74	
		3	4,71	
	500	1	5,80	5,81
		2	5,80	
		3	5,82	
	750	1	6,04	6,37
		2	6,47	
		3	6,61	
	1000	1	6,81	6,44
		2	6,69	
		3	5,83	
	1250	1	6,25	6,28
		2	6,33	
		3	6,27	
1500	1	6,71	6,17	
	2	5,84		
	3	5,97		



Rys.1. Zależność  $p_{\max}$  w funkcji czasu dla stężenia  $250 \text{ g/m}^3$

Niniejszy dokument dotyczy wyłącznie badanych próbek i niekoniecznie oznacza, że wyroby podobne lub pozornie identyczne będą posiadać te same wartości.

Ilość stron protokołu: niniejszy protokół zawiera cztery strony



## RAPORT (PROTOKÓŁ) nr 4

### Z BADANIA SZYBKOŚCI NARASTANIA CIŚNIENIA $dp/dt$ ORAZ WSKAŹNIKA WYBUCHOWOŚCI $K_{st}$ OBŁOKU PYŁU SKROBII ZIEMNIACZANEJ ZGODNIE PN-EN 14034-2:2011

Warszawa dn. 30.08.2013 r.

- 1. Przedmiot i metoda badania**  
Badanie szybkości narastania ciśnienia oraz wskaźnika wybuchowości  $K_{st}$  obłoku skrobi ziemniaczanej Standard Superior zgodnie z Polską Normą PN-EN 14034-2:2011
- 2. Nazwa i adres laboratorium badawczego**  
Szkoła Główna Służby Pożarniczej  
Zakład Spalania i Teorii Pożarów  
ul. Słowackiego 52/94  
01-629 Warszawa
- 3. Nazwa i adres Zleceniodawcy**  
Zakłady Przemysłu Ziemniaczanego w Pile „ZETPEZET” Sp. z o.o.,  
ul. Walki Młodych 30,  
64-920 Piła
- 4. Nazwa i adres Wytwórcy/Dostawcy materiałów**  
Zakłady Przemysłu Ziemniaczanego w Pile „ZETPEZET” Sp. z o.o.,  
ul. Walki Młodych 30,  
64-920 Piła
- 5. Opis badanych materiałów**  
Skrobia ziemniaczana Standard Superior
- 6. Metodyka pomiarowa**  
Badania przeprowadzono zgodnie z polską normą PN-EN 14034-2:2011 w zbiorniku o pojemności 20 dm<sup>3</sup>. Zbiornik posiada płaszcz wodny do odprowadzania ciepła wybuchu oraz ciśnieniowy pojemnik na pył, z którego poprzez szybki zawór wyladowczy i dyszę pył ulega dyspersji w zbiorniku. Szybki zawór wyladowczy jest pneumatycznie otwierany i zamykany, a jego zawory są sterowane elektrycznie. Źródło zapłonu znajduje się w centrum zbiornika. Dodatkowo zbiornik wyposażony jest w system pomiaru ciśnienia. Źródło zapłonu składa się z elektrycznie aktywowanych dwóch pirotechnicznych zapalników o energii każdy 5 kJ.





Po uruchomieniu zapalniczki uwalniają gęsty obłok gorących cząstek z niewielką ilością gazu. Zapalniczki odpalane są elektrycznie. Obwód zasilający zapalniczki powoduje ich zapłon w czasie krótszym niż 10 ms. Zadaniem jednostki kontrolnej jest uruchomienie sekwencji wtrysku pyłu, aktywacji źródła zapłonu i startu systemu zapisu danych. System pomiaru ciśnienia zawiera dwa czujniki ciśnienia oraz układ rejestrujący. Głowica czujnika ciśnienia umieszczonego w zbiorniku testowym jest wyrównana do wewnętrznej ścianki zbiornika. Pomiar ciśnienia realizowany jest z dokładnością 0,1 bar i uwzględnia wpływ temperatury. Pomiar czasu odbywa się z dokładnością 1 ms.

Warunki eksperymentu:

- ciśnienie dyspersji  $p_z$  – 20 bar (ciśnienie w pojemniku pyłu po załadowaniu badanej próbki),
- ciśnienie początkowe  $p_i$  – 1013 mbar (ciśnienie w zbiorniku testowym obniżone do 0,4 bar, tak by po uwolnieniu i dyspersji pyłu ciśnienie początkowe  $p_i$  osiągnęło wartość 1013 mbar),
- temperatura początkowa  $T_i$  – 20 °C (chłodzenie wodne uruchomione),
- czas opóźnienia  $t_v$  – 0,6±0,01 s
- źródło zapłonu – chemiczne zapalniczki o energii łącznej 10 kJ (2 x 5 kJ).

**Wyniki badania maksymalnej szybkości narastania ciśnienia wybuchu  $dp/dt$  obłoku pyłu skrobi ziemniaczanej oraz wskaźnika wybuchowości  $K_{st}$ :**

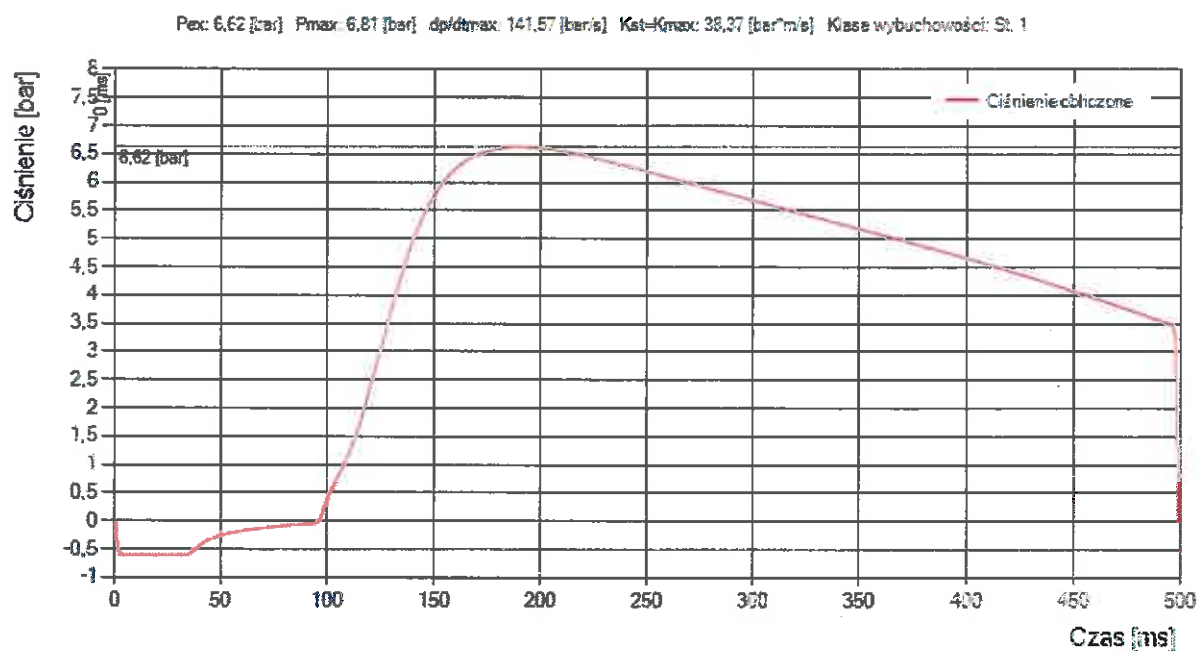
Maksymalna szybkość narastania ciśnienia wybuchu  $dp/dt$  wyniosła 127,88 bar s<sup>-1</sup> oraz maksymalny wskaźnik wybuchowości  $K_{max}$  wyniósł 34,66 przy stężeniu 1000 g/m<sup>3</sup>. Wyniki badań odnoszą się wyłącznie do badanych próbek. Wynik może odbiegać do 10 %.

Szczegółowe wyniki badań przedstawiono w tab.1. Na rys. przedstawiono przykładowy wykres szybkości narastania ciśnienia w funkcji czasu dla stężenia 1000 g/m<sup>3</sup> podczas 1-szej serii badań



Tab. 1. Wyniki oznaczeń szybkości narastania ciśnienia oraz wskaźnika wybuchowości  $K_{st}$

Rodzaj pyłu	Stężenie pyłu [g/m <sup>3</sup> ]	Nr serii	Wartość $(dp/dt)_{max}$ [bar s <sup>-1</sup> ]	Średnia wartość $(dp/dt)_{max}$ [bar s <sup>-1</sup> ]	Wskaźnik wybuchowości $K_{st}$	Średni wskaźnik wybuchowości $K_{st}$
pył skrobi ziemniaczanej	250	1	78,34	86,59	21,23	23,19
		2	83,34		22,68	
		3	98,09		25,65	
	500	1	89,63	89,54	24,29	24,34
		2	85,00		23,04	
		3	93,98		25,68	
	750	1	89,97	107,57	24,38	29,19
		2	83,37		22,70	
		3	149,36		40,48	
	1000	1	79,01	108,82	21,49	29,52
		2	141,57		38,37	
		3	105,87		28,69	
	1250	1	93,82	127,88	25,43	34,66
		2	159,07		43,11	
		3	130,76		35,44	
	1500	1	120,58	125,11	32,68	34,08
		2	108,19		29,32	
		3	146,57		40,24	
	1750	1	128,32	125,97	34,77	34,03
		2	141,42		38,02	
		3	108,16		29,31	



**Rys.1.** Szybkość narastania ciśnienia w funkcji czasu dla stężenia  $1000 \text{ g/m}^3$  podczas 1-szej serii badań

Niniejszy dokument dotyczy wyłącznie badanych próbek i niekoniecznie oznacza, że wyroby podobne lub pozornie identyczne będą posiadać te same wartości.

Ilość stron protokołu: niniejszy protokół zawiera cztery strony