

Jan Przybysz, Maciej Celiński, Kamila Mizera



Właściwości palne i charakterystyki wybuchu poszczególnych pyłów drewna KATALOG



Jan Przybysz, Maciej Celiński, Kamila Mizera

Właściwości palne i charakterystyki wybuchu poszczególnych pyłów drewna

KATALOG

CIOP  **PIB**

Warszawa 2022

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Projekt nr II.PB.07 pt. "Rozpoznanie zagrożenia związanego z możliwością wystąpienia pożaru i wybuchu pyłu drewna powstającego w trakcie jego przetwarzania"

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autor: mgr inż. Jan Przybysz, dr inż. Maciej Celiński, dr inż. Kamila Mizera – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Zdjęcie na okładce
Bigstock/449580391

Projekt okładki
Jolanta Maj

Opracowanie redakcyjne
Kamil Jach

Skład i łamanie
Dorota Marzec

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2022

ISBN 978-83-7373-378-7

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. 22 623 36 98, www.ciop.pl

Spis treści

Wstęp	5
Parametry potrzebne do określania narażenia na pyły drewna	6
Opis zrealizowanych badań i uzyskanych wyników	14
Podsumowanie i wnioski	21
Piśmiennictwo	23

Wstęp

Pyły drewna to produkt uboczny obróbki i przerobu drewna oraz płyt drewno-pochodnych stwarzający zagrożenie dla pracowników. Jest to czynnik występujący głównie w tartakach, zakładach produkcji płyt i sklejek, stolarki budowlanej, mebli i innych wyrobów stolarskich. Do najbardziej pyłotwórczych procesów w przemyśle drzewnym należą: cięcie, frezowanie, struganie, wiercenie, toczenie i szlifowanie. Stężenie pyłu drewna na stanowisku pracy zależy od różnych parametrów, m.in. od: rodzaju prowadzonej obróbki, parametrów maszyn i narzędzi (częstotliwość obrotowa, liczba krawędzi skrawających itp.), wilgotności drewna (im bardziej suche, tym większe pylenie). Pył drewna powstaje w największym stopniu podczas obróbki mechanicznej tzw. drewna suchego, tj. o zawartości wilgoci poniżej 20%. Szczególnie dużą emisję pyłów drewna odnotowano podczas zautomatyzowanych procesów obróbki drewna. Rozmiary cząstek wchodzących w skład pyłów drewna zależą od rodzaju drewna i sposobu jego obróbki. Najczęściej są to cząstki o średnicy $10 \div 30 \mu\text{m}$. Cząstki bardzo drobne, o średnicy poniżej $5 \mu\text{m}$ mogą być emitowane podczas szlifowania powierzchni gładkich drewnianych. Natomiast wykorzystywanie do obróbki maszyn z komputerowym sterowaniem numerycznym powoduje powstawanie nanocząstek pyłu drewna.

W Polsce przetwarzane jest rocznie ok. 20 mln m³ drewna. Tak duże ilości przetwarzanego materiału powodują powstawanie ogromnych ilości pyłów i wiórów. Narażenie zawodowe na pyły drewna może powodować astmę, przewlekłe zapalenie oskrzeli, zapalenia nosa i spojówek, podrażnienie i reakcje uczuleniowe skóry, a także nowotwory nosa i zatok przynosowych. Wyniki badań epidemiologicznych dowiodły, że ryzyko nowotworów występuje nie tylko w związku z narażeniem na pyły drewna twardego, lecz także w przypadku drewna miękkiego oraz pyłu powstającego podczas procesów obróbki wyrobów z drewna, w tym sklejk i płyt wiórowych lub płyt meblowych (MDF). Magazynowanie jak i transport pyłu drewna przyczynia się do powstania atmosfery wybuchowej wewnątrz instalacji stwarzając ryzyko wybuchu. Natomiast nieodpowiednie składowanie dużych ilości pyłów lub trocin może doprowadzić do ich samozapłonu.

W celu ochrony pracowników przed szkodliwym działaniem pyłu w zakładach przetwarzających drewno powinny być stosowane instalacje odpylające, filtry powietrza oraz odkurzacze centralne mające za zadanie zbieranie produktu odpadowego. Podejmowanie odpowiednich działań prewencyjnych, minimalizujących lub

wręcz eliminujących narażenie zawodowe na pyły (w tym pyły drewna), wymaga jednak posiadania właściwej wiedzy na temat m.in. tego, w jaki sposób przebiegają ich procesy spalania, jaka jest minimalna energia wymagana do zapłonu, czy w jaki sposób przebiegają procesy dymotwórcze. Dzięki nowoczesnej aparaturze badawczej, znajdującej się na wyposażeniu CIOP-PIB zostały przeprowadzone w ciągu ostatnich 3 lat badania dotyczące procesów spalania i wybuchu różnych rodzajów pyłów drewna. Ich wyniki znajdują się w tej broszurze.

Parametry potrzebne do określania narażenia na pyły drewna

Badanie procesów spalania

Do uzyskania pełnej charakterystyki bezpieczeństwa pożarowego w kontekście narażenia na pyły drewna niezbędne jest określenie podstawowych parametrów zachowania się tych pyłów w warunkach pożaru, a więc m.in. szybkości wydzielenia ciepła, ilości wydzielonego ciepła, a także ilości wydzielonych dymów itp.

Jednym ze sposobów wejścia w posiadanie informacji na ww. temat jest tzw. badanie kalorymetryczne, które polega na spalaniu próbek materiału palnego w powietrzu. Próbkę taką ustawia się poziomo w stosunku do radiatora stożkowego i poddaje wpływowi strumienia promieniowania cieplnego o gęstości 35 kW/m². Zdjęcie poglądowe obszaru roboczego kalorymetru stożkowego przedstawiono na fot. 1.

Pomiary wykonane za pomocą kalorymetru stożkowego (zgodnie z normą ISO 5660) służą do wyznaczania parametrów związanych z szybkością wydzielenia ciepła i dymu z próbek badanych materiałów poddawanych oddziaływaniu strumienia cieplnego (ang. *heat flux* – HF). W trakcie pomiarów badane próbki materiałów zostały poddane działaniu zewnętrznego strumienia promieniowania cieplnego symulującego ekspozycję cieplną I fazy rozwoju pożaru.



Fot. 1. Zdjęcie poglądowe kalorymetru stożkowego firmy FTT [źródło: materiały własne]

Metodyka prowadzenia pomiarów parametrów pożarowych

Próbki badanych materiałów o wymiarach 100 x 100 mm i grubość do 20 mm przygotowywano poprzez uformowanie kształtek z folii aluminiowej o grubości 0,4 mm. Warunki pracy kalorymetru stożkowego były następujące:

- grubość próbki: 10 mm,
- ilość przebadanych próbek dla jednego materiału: min. 3,
- temperatura otoczenia (23 ± 2 °C),
- wilgotność względną: 40–50 %,
- gęstość strumienia promieniowania cieplnego: 35 kW/m².

Badanie charakterystyk wybuchu

Kolejnym ważnym elementem jest badanie charakterystyk wybuchu. W celu uzyskania porównywalnych wyników badań wykorzystano znormalizowane metody pomiarowe oraz urządzenie (fot. 2) opisane w PN-EN ISO/IEC 80079-20-2:2016, w której to przedstawiono założenia do budowy komory badawczej oraz opis metody i kryteria wykonania pomiaru.



Fot. 2. 20-L komory sferyczna [źródło: materiały własne]

Badania ciśnienia maksymalnego przeprowadzono w odniesieniu do stężeń 250, 500, 750, 1000, 1250 g/m³, a dolnej granicy wybuchowości (DGW) 500, 250, 125, 60 i 30 g/m³. Do badań użyto dwóch zapalników chemicznych o energiach 5 kJ w przypadku badań P_{max} , oraz 1 kJ w przypadku badań DGW. Temperatura komory utrzymywana była na poziomie 20 °C.

Badanie procesów dymotwórczych

Wykonywanie pomiarów przy pomocy komory dymowej miało na celu wyznaczenie parametru gęstości optycznej dymu z próbek poddanych oddziaływaniu

strumienia promieniowania cieplnego. Badania te przeprowadzone zostały zgodnie z normą ISO 5659-2. Testy dymotwórczości wykonano z wykorzystaniem komory do badań dymotwórczości, widocznej na fot. 3.



Fot. 3. Komora do badań dymotwórczości [źródło: materiały własne]

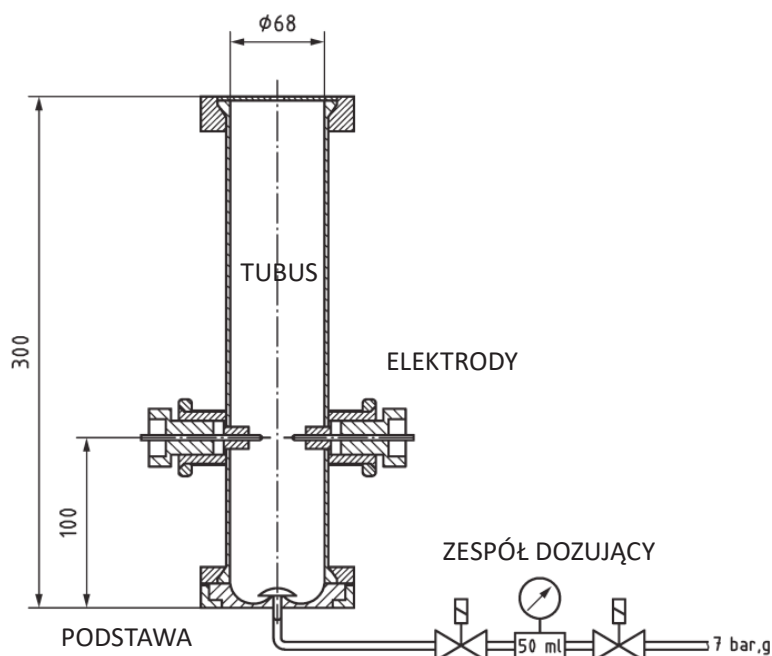
Metodyka prowadzenia pomiarów gęstości zadymienia

Próbki badanych materiałów o wymiarach 75 x 75 mm i grubość do 25 mm przygotowano poprzez zawinięcie brzegów próbek folią aluminiową. Warunki pracy komory dymowej były następujące:

- grubość próbki: 5 mm,
- ilość przebadanych próbek dla jednego materiału: min. 3,
- temperatura rozpoczęcia pomiarów: temperatura otoczenia ($22 \pm 3^{\circ}\text{C}$),
- wilgotność względna: 40 – 50 %,
- gęstość strumienia promieniowania cieplnego: 25 kW/m^2 .

Badanie minimalnej energii zapłonu

Badanie Minimalnej Energii Zapłonu (MEZ) pozwala określić najmniejszą wartość energii iskry elektrycznej generowanej pomiędzy dwiema elektrodami, która jest w stanie zainicjować proces spalania w mieszaninie pyłowo-powietrznej o ustalonym stężeniu palnego pyłu. Założenia do budowy aparatu do pomiaru minimalnej energii zapłonu, a także metody i kryteria wykonania tego pomiaru przedstawiono w normie ISO 80079-20-2:2016. Schemat zmodyfikowanej rury Hartman'a przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat rury Hartman'a z systemem zasilania [rysunek poglądowy]

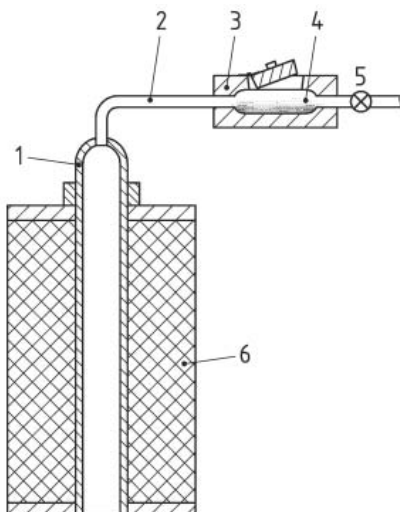
Minimalną energię zapłonu badano w zakresie stężeń 125, 250 g/m³ i wraz z wzrostem o 250 g/m³ do stężenia 2000 g/m³.

Warunki prowadzenia pomiaru:

- wartość nadciśnienia w zbiorniku na sprężone powietrze była na poziomie 7 bar(g),
- indukcyjność obwodu 10 μH,
- opóźnienie zapłonu 90 ms.

Badanie minimalnej temperatury zapłonu obłoku pyłu

Badanie to symuluje sytuacje, do których może dojść np. wewnątrz maszyn produkcyjnych pracujących w zapyłonej atmosferze. Zapłon pyłu w maszynach może nastąpić w wyniku rozgrzania obudowy urządzenia poprzez niedostateczne smarowania części ruchomych łożysk, wałów lub uszczelnieniach. Minimalna Temperatura Zapłonu mieszaniny pyłowo-powietrznej (MTZO) to wartość temperatury, poniżej której nie następuje zapłon mieszaniny wprowadzonej pod ciśnieniem do rozgrzanego pieca bez inicjowania za pomocą dodatkowego źródła zapłonu (rys. 2). Aparatura wykorzystana do badania minimalnej temperatury zapłonu obłoku pyłu w piecu o stałej temperaturze spełnia warunki normy PN-EN ISO/IEC 80079-20-2:2016.



Opis^{N3)}

- 1 komora dyspersyjna pyłu
- 2 pył
- 3 zawór elektromagnetyczny
- 4 rurki szklane
- 5 rura
- 6 izolacja

Rys. 2. Aparat Golbert'a-Greenwald'a [rysunek poglądowy]

Warunki prowadzenia pomiaru:

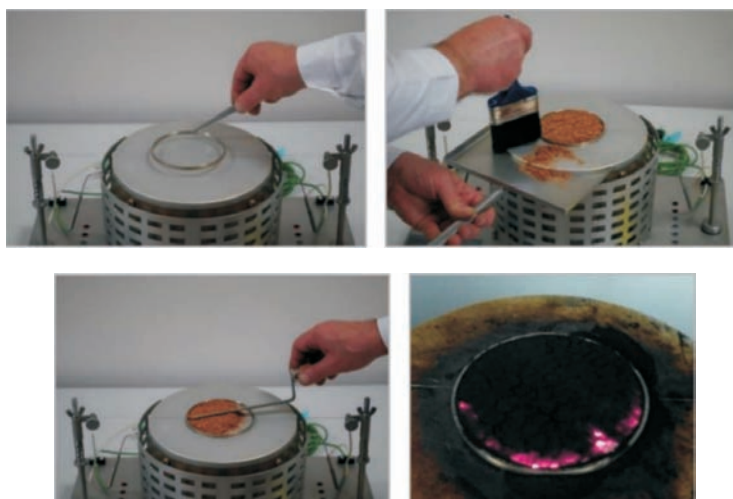
- zakres badanych naważek pyłu: 0,1–0,6 g,
- zakres ciśnień dyspersji: 0,1–0,5 bar

Badanie minimalnej temperatury zapłonu warstwy pyłu

Minimalna temperatura zapłonu warstwy pyłu (MTZW) to najniższa temperatura gorącej powierzchni, w kontakcie z którą dochodzi do zapłonu warstwy pyłu o określonej grubości, znajdującej się na tej powierzchni. W polskim prawodawstwie standardem opisującym metodę oznaczania minimalnej temperatury zapłonu warstwy pyłu jest PN-EN ISO/IEC 80079-20-2:2016-05 (fot. 4 i 5).



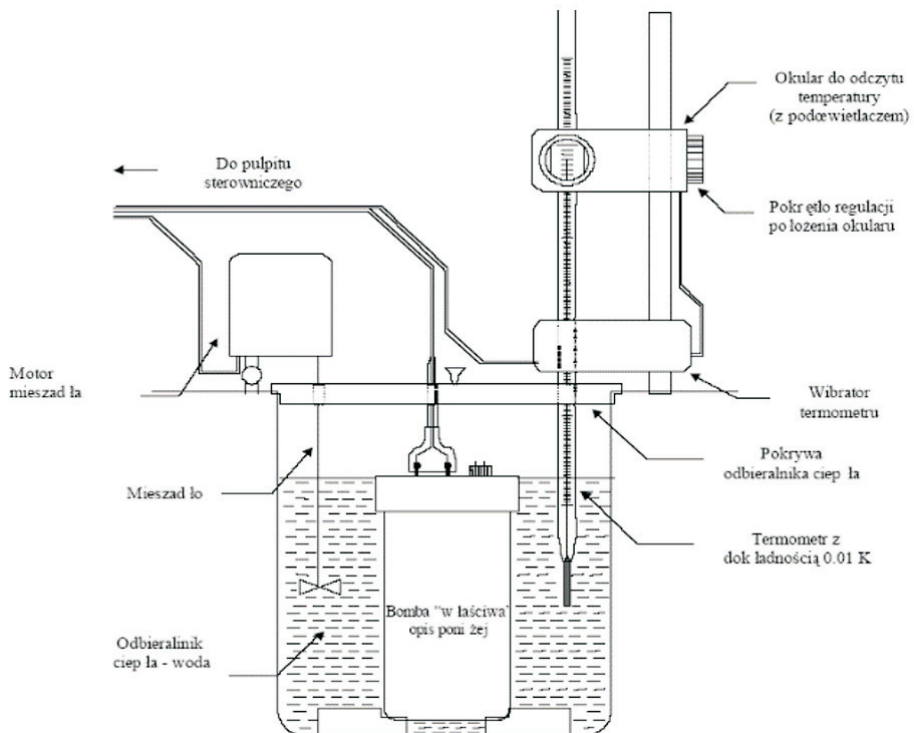
Fot. 4. Przykładowe stanowisko do badania minimalnej temperatury zapłonu warstwy pyłu



Fot. 5. Przykładowe zjawisko żarzenia określające zapłon badanego materiału

Badanie ciepła spalania

Badanie ciepła spalania pozwala ustalić ilość energii oddawanej do otoczenia w wyniku spalania określonej ilości substancji w ustalonych warunkach. Pomiar ilości ciepła wydzielanego podczas procesu spalania dokonywany jest z wykorzystaniem kalorymetru tzw. bomby kalorymetrycznej, zgodnie z PN-C-04375-3:2013-07, (rys. 3).



Rys. 3. Bomba kalorymetryczna [rysunek poglądowy]

Warunki prowadzenia pomiaru:

- temperatura $20 \pm 0,5$ °C,
- masa próbki 1,2 g,
- czas kondycjonowania próbki 30 min.

Opis zrealizowanych badań i uzyskanych wyników

Wyniki badań parametrów charakteryzujących palność materiałów

Wynikiem przeprowadzonych pomiarów było uzyskanie wartości wyznaczonych wielkości charakteryzujących zachowanie się materiałów pod wpływem intensywnego promieniowania cieplnego, a mianowicie:

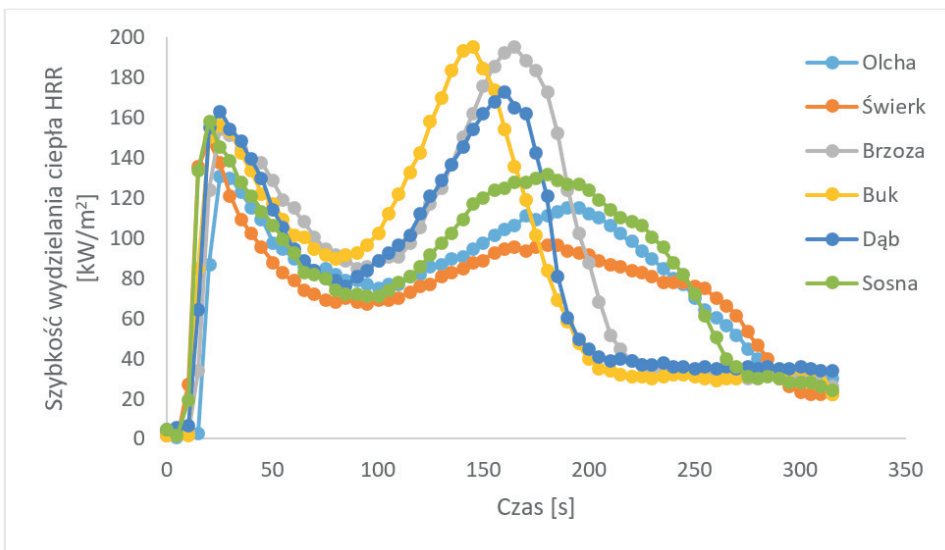
- czasu do zapłonu – **TTI** (s),
- średniej szybkości wydzielania ciepła – **HRR** (kW/m²),
- maksymalnej szybkości wydzielania ciepła – **pHRR** (kW/m²),
- czasu do uzyskania maksymalnej szybkości wydzielania ciepła – **t-pHRR** (s),
- całkowitego wydzielonego ciepła – **THR** (MJ/m²),
- całkowitej ilości wydzielonego dymu – **TSR** (m²/ m²),
- efektywnego ciepła spalania – **EHC** (MJ/kg).

Średnie wartości wyznaczonych parametrów kalorymetrycznych opisujących zachowanie pyłów drzew twardych pod wpływem oddziaływania strumienia ciepła o gęstości (35 kW/m²) zostały zestawione w tabeli 1.

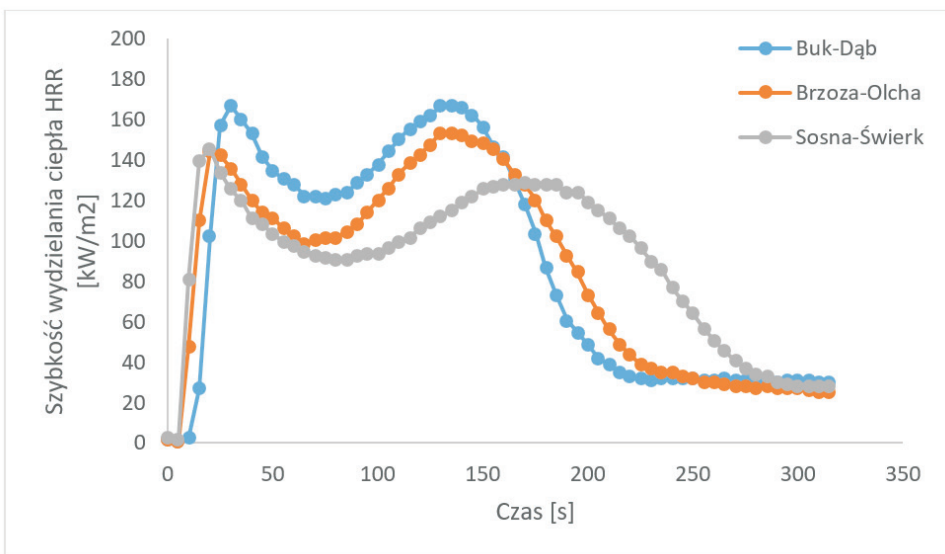
Tabela 1. Zestawienie parametrów kalorymetrycznych badanych pyłów drzew twardych

Nazwa próbki	<i>TTI</i>	<i>HRR</i>	<i>pHRR</i>	<i>t-pHRR</i>	<i>THR</i>	<i>TSR</i>	<i>EHC</i>
	s	kW/m ²	kW/m ²	s	MJ/m ²	m ² / m ²	MJ/kg
Brzoza	16	91,4	195	165	28,3	138	14,2
Buk	13	89,0	195	145	26,4	146	13,4
Dąb	14	84,7	173	160	26,0	114	13,4
Sosna	8	73,4	157	20	28,7	266,9	15,0
Świerk	10	63,1	151	18	25,9	48,9	13,3
Olcha	18	71,3	133	25	27,0	58,8	14,6
Buk-Dąb	17	91,0	155,4	133	27,5	433,5	14,2
Brzoza-Olcha	11	81,1	155,4	133	28,3	336,2	15,6
Sosna-Świerk	9	81,3	145,9	18	30,0	383,1	15,1

Graficzna prezentacja przebiegu procesu spalania różnych gatunków drzew, w postaci wykresu zależności szybkości wydzielenia ciepła, została przedstawiona na rysunkach 4a i 4b.



Rys. 4a. Wykres szybkość i wydzielenia ciepła w czasie dla pyłów drewna



Rys. 4b. Wykres szybkość i wydzielenia ciepła w czasie dla pyłów drewna

Wyniki badań charakterystyk wybuchu

Wynikiem przeprowadzonych pomiarów było uzyskanie charakterystyk wybuchu pyłów drzew twardych. W trakcie badań oznaczono następujące parametry:

- maksymalne ciśnienie wybuchu – P_{max} (bar),
- indeks deflagacyjny – K_{St} (bar·m/s),
- dolna granica wybuchowości pyłu – DGW (g/m^3).

Na podstawie uzyskanych wyników przydzielono poszczególne pyły do klas wybuchowości według wytycznych OSHA (ang. Occupational Safety and Health Administration) i zestawiono je w tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyki wybuchu poszczególnych pyłów w dwóch zakresach wielkości ziarna

Nazwa próbki	P_{max}	Stężenie	K_{St}	Klasa St	DGW
	bar	g/m^3	bar · m/s	–	g/m^3
20 - 71 μm					
Brzoza	8,2	500	226	ST 2	40
Buk	7,9	500	208	ST 2	40
Dąb	7,9	500	253	ST 2	40
Sosna	7,5	1000	194	ST 1	50
Świerk	7,5	500	212	ST 2	50
Olcha	7,5	500	175	ST 1	40
Buk-Dąb	7,5	750	229	ST2	30
Brzoza-Olcha	7,6	500	199	ST1	30
Sosna-Świerk	8,2	1000	202	ST2	30
71 - 125 μm					
Brzoza	7,5	750	134	ST 1	40
Buk	7,6	750	111	ST 1	40
Dąb	7,2	500	68	ST 1	30

Sosna	7,7	1000	180	ST 1	50
Świerk	7,7	500	188	ST 1	60
Olcha	6,7	1250	101	ST 1	60
Buk-Dąb	7,0	1000	74	ST1	60
Brzoza-Olcha	7,2	750	150	ST1	30
Sosna-Świerk	7,1	1000	70	ST1	120

Wyniki badań dymotwórczości

Wynikiem przeprowadzonych pomiarów były parametry charakteryzujące zachowanie się materiałów pod wpływem intensywnego promieniowania cieplnego, a mianowicie:

- czas zapłonu – TTI (s),
- gęstość optyczna dymu w 1,5 minuty testu – SOD1.5,
- gęstość optyczna dymu po 4 minutach testu – SOD4.0,
- gęstość optyczna dymu po 10 minutach testu – SOD10,
- maksymalna wartość gęstości optycznej dymu – MSOD,
- czas do uzyskania maksymalnej wartości gęstości optycznej dymu – t-MSOD (s),
- skumulowana wartość gęstości zadymienia w pierwszych czterech minutach testu – VOF4.

Wyniki badań minimalnej energii zapłonu

Wynikiem badania minimalnej energii zapłonu jest najmniejsza wartość energii, która w kontakcie z mieszaniną pyłowo-powietrzną powoduje jej zapłon. Wyniki badań przeprowadzonych w odniesieniu do wszystkich ośmiu badanych substancji zestawiono w tabeli 3. Celem ustalenia najniższej możliwej wartości minimalnej energii zapłonu badania przeprowadzono jedynie w stosunku do pyłu o wielkości ziarna z zakresu 20–71 μm .

Tabela 3. Zestawienie parametrów uzyskanych w trakcie badań z wykorzystaniem komory dymowej

Nazwa próbki	<i>SOD1.5</i>	<i>SOD4.0</i>	<i>SOD10</i>	<i>MSOD</i>	<i>t-MSOD</i>	<i>VOF4</i>
	–	–	–	–	s	–
Sosna	211	412	443	565	389	918
Świerk	197	418	381	545	353	897
Olcha	160	416	387	563	328	800
Brzoza	95.9	426	444	622	331	736
Buk	84,7	499	385	586	291	752
Dąb	67,6	464	472	665	334	681
Buk-Dąb	142	492	421	609	325	904
Brzoza-Olcha	187	484	467	638	362	978
Sosna-Świerk	141	434	472	628	392	822

Wyniki badań temperatury zapłonu obłoku pyłu

Badanie minimalnej temperatury zapłonu obłoku pyłu zostało wykonane zgodnie z normami PN-EN 50281-2-1 i PN-EN ISO/IEC 80079-20-2:2016-05/AC w Laboratorium Wybuchowości Pyłów Przemysłowych Głównego Instytutu Górnictwa. Wyniki uzyskane w odniesieniu do poszczególnych związków zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wartości minimalnej energii zapłonu badanych substancji

Pył	MEZ
	mJ
Brzoza	30 – 100
Buk	30 – 100
Dąb	30 – 100
Sosna	10 – 30
Świerk	10 – 30
Olcha	30 – 100
Buk-Dąb	30 – 100
Brzoza-Olcha	30 – 100
Sosna-Świerk	30 – 100

Wyniki badań temperatury zapłonu warstwy pyłu

Badanie minimalnej temperatury zapłonu warstwy pyłu zostało wykonane zgodnie z normami PN-EN 50281-2-1 (wycofana, nie zastąpiona) i PN-EN ISO/IEC 80079-20-2:2016-05/AC w Laboratorium Wybuchowości Pyłów Przemysłowych Głównego Instytutu Górnictwa. Wyniki uzyskane w odniesieniu do poszczególnych związków zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Wartości minimalnej temperatury zapłonu obłoku badanych pyłów drewna

Pył	MTZO	
	°C	
	20 - 71 μm	71 - 125 μm
Brzoza	440	440
Buk	460	460
Dąb	400	460
Sosna	450	450
Świerk	495	500
Olcha	485	490
Buk-Dąb	440	440
Brzoza-Olcha	440	440
Sosna-Świerk	440	460

Tabela 6. Wartości minimalnej temperatury zapłonu warstwy pyłu badanych pyłów drewna

Pył	MTZW	
	°C	
	20 - 71 μm	71 - 125 μm
Brzoza	330	340
Buk	320	330
Dąb	320	340
Sosna	330	330

Świerk	320	330
Świerk	310	320
Buk-Dąb	320	330
Brzoza-Olcha	320	320
Sosna-Świerk	350	350

Wyniki badań ciepła spalania

Wynikiem badania ciepła spalania jest maksymalna ilość energii wygenerowanej w trakcie całkowitego spalania czystego związku lub mieszaniny związków w atmosferze czystego tlenu pod ciśnieniem ok. 30 barów. Wyniki badań przeprowadzonych w stosunku do wszystkich badanych pyłów zestawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Wyniki pomiaru ciepła spalania badanych gatunków drewna

Pył	Ciepło spalania
	MJ/kg
Brzoza	17,80
Buk	18,04
Dąb	18,13
Sosna	19,95
Świerk	18,96
Olcha	18,17
Buk-Dąb	18,73
Brzoza-Olcha	18,96
Sosna-Świerk	19,09

Podsumowanie i wnioski

Przedstawione badania pokazują różnice w parametrach pożarowo-wybuchowych w zależności od gatunku drewna, a także, jak parametry te ulegną zmianie, gdy zostaną zmieszane pyły różnych typów drewna w podziale na miękkie i twarde.

W przypadku parametrów uzyskanych podczas badań z wykorzystaniem kalorymetru stożkowego widoczne są różnice pomiędzy pyłami drewna twardego (buk, dąb, olcha), a drewna miękkiego (brzoza, sosna, świerk). Pyły drewna miękkiego osiągają maksymalną szybkość wydzielania ciepła tuż po zapłonie, w przeciwieństwie do pyłów drewna twardego, w przypadku których pik szybkości wydzielania ciepła odnotowywany jest tuż przed wygaszeniem próbki. W odniesieniu do mieszanki drewna miękkiego i twardego widać pewne uwspólnianie się wartości pomiędzy drewnem twardym a miękkim. Warto również zauważyć, że w przypadku pyłów drewna drzew iglastych czas zapłonu próbek jest stosunkowo krótszy względem pyłów drewna liściastego; różnice te są prawdopodobnie spowodowane obecnością żywic w strukturze drewna iglastego, która pod wpływem promieniowania cieplnego paruje, a później ulega zapłonowi, przyspieszając zapłon próbki. Pyły drewna miękkiego charakteryzują się wyższymi wartościami skumulowanej gęstości zadymienia w pierwszych 4 minutach niż drewna twarde, które uzyskują wyższe wartości gęstości maksymalnej gęstości optycznej.

Badania charakterystyk wybuchowych pokazały, że prawie wszystkie badane pyły drzew w przedziale rozmiaru cząstek 20–71 μm uzyskały klasę wybuchowości St 2, a wartości maksymalnego ciśnienia wybuchu nie wykazują większych różnic pomiędzy typami drewna. Dolną Granicę Wybuchowości osiągnięto w przedziale 30–60 g/m^3 , jedynie w stosunku do mieszaniny sosny-świerk 71–125 μm uzyskano znacznie wyższą wartość. Wzrost wielkości cząstek sprawił obniżenie badanych parametrów, najmniejszą różnicę zaobserwowano w przypadku pyłów drewna iglastego, jednak ich mieszanka zachowała się podobnie do pozostałych pyłów.

Badania temperatur zapłonu wykazały, że różnica pomiędzy temperaturą zapłonu warstwy pyłu a jego obłokiem jest o ok. 100–150 $^{\circ}\text{C}$ niższa, różnice pomiędzy wielkościami cząstek badanych pyłów nie są znaczące.

Badania Minimalnej Energii Zapłonu wykazały, że iskra elektryczna 100 mJ jest w stanie zainicjować zapłon mieszaniny pyłowo-powietrznej każdego z badanych pyłów, a badania prowadzone przy użyciu bomby kalorymetrycznej wykazały, że spalanie drewna generuje stosunkowo dużą ilość energii, która w przypadku wybuchu zostanie uwolniona w ułamkach sekundy.

Podsumowując przeprowadzone badania, warto zwrócić uwagę na zagrożenie, które stwarza wybuch i pożar pyłów drewna. Duże wartości charakterystyk wybuchu, stosunkowo niskie temperatury zapłonu i niewielka ilość energii, jaka jest potrzebna do zapłonu w połączeniu z dużą energią spalania sprawiają duże zagrożenie dla pracowników znajdujących się w zakładach przetwarzających drewno jak i w ich pobliżu. Dlatego warto zadbać o bezpieczeństwo i w przypadku gdy występuje atmosfera potencjalnie wybuchowa zastosować rozwiązania organizacyjne i konstrukcyjne mające na celu zmniejszenia ryzyka zapłonu i wybuchu mieszanin pyłowo-powietrznych.

Piśmiennictwo

1. ISO 5660-1:2015 Reaction-to-fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement)
2. PN-EN ISO/IEC 80079-20-2:2016 Atmosfery wybuchowe – Część 20-2: Właściwości materiałowe -- Metody badań pyłów palnych
3. PN-C-04375-3:2013-07 Badanie paliw stałych i ciekłych – Oznaczanie ciepła spalania w bombie kalorymetrycznej i obliczanie wartości opałowej – Część 3: Metoda z zastosowaniem kalorymetru z płaszczem adiabatycznym
4. PN-EN 50281-2-1 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłów palnych – Część 2-1: Metody badania – Metody oznaczania minimalnej temperatury zapłonu pyłu (wycofana, nie zastąpiona).