

Jaką metodę palności wybrać?

How to choose the flammability method?

Streszczenie

W artykule przedstawiono metody badań palności tworzyw sztucznych ze wskazaniem na poszczególne gałęzie przemysłu, koncentrując się głównie na klasach palności opracowanych na podstawie standardów UL (Underwriters Laboratories) oraz tzw. Euroklas, które zaczynają obowiązywać prawie we wszystkich państwach europejskich. Określono również metody badawcze stosowane bardziej do celów naukowych, czyli do rozwiązywania tematu samych antypiereniów, spalanych gazów, ich toksyczności, gęstości dymów itp. Ale zacznijmy od początku.

Abstract

The article presents methods of testing the flammability of plastics with an indication of individual industries, focusing mainly on the flammability classes developed on the basis of UL (Underwriters Laboratories) standards and the so-called Euroclasses, which come into force in almost all European countries. The research methods used (applied) more for scientific purposes to solve the topic of fire retardants themselves, combustion gases, their toxicities, smoke density etc. But let's start from the beginning.

Izabela Gajlewicz,
Marta Lenartowicz-Klik

✉ izabela.gajlewicz@impib.lukasiewicz.gov.pl

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Inżynierii
Materiałów Polimerowych i Barwników

Opracowano wiele metod badań i oceny palności materiałów polimerowych od typowo laboratoryjnych, takich jak: oznaczenie wskaźnika tlenowego (tzw. LOI – Limited Oxygen Index), badania za pomocą kalorymetru stożkowego, aż po testy bezpośredniego działania płomieniem na próbkę kompozytu, np. metody UL94. Pomimo tego nie istnieje uniwersalna metoda, umożliwiająca na podstawie badań próbki, opracowanie prognozy zachowania się wyrobu podczas pożaru. Dobór metody należy rozpatrywać w zależności od rodzaju i postaci materiału oraz produktu wykonanego z tego materiału, jak i od zagrożeń pożarowych występujących w miejscu jego stosowania.

Badaniom palności poddawanych jest coraz więcej substancji. Stosowanie różnego rodzaju materiałów jest ściśle określone w przepisach państwowych dotyczących ich przeznaczenia. Podczas tych testów określa się wiele parametrów pozwalających na sklasyfikowanie danego materiału, a w następstwie na dopuszczenie go lub nie do odpowiedniego zastosowania. Tradycyjne metody dostarczają z reguły pojedynczy wynik, nie pozwalający na obiektywną charakterystykę materiału, jak i nie obrazują odpowiednio wpływu dodatków modyfikujących na kompozyt [1-3].

Problemy przedsiębiorców

Klienci bardzo często pytają: „jaki test palności wykonać, aby wykazać, że materiał jest niepalny, bo sprawdzili zapalniczką i się im nie paliło”? To nasz odwieczny problem do rozwiązania, gdyż nie ma tworzywa polimerowego, które nie pali się, nie rozprzestrzenia płomienia i nie wydziela dymów oraz gazów, jeśli poddane jest działaniu odpowiednio wysokiej temperatury. Staramy się pomóc pytając, do czego służy ich wyrób, czy wiedzą może zgodnie z jaką normą chcieliby zrobić testy i wspólnymi siłami dojdziemy do rozwiązania. Ale oczywiście są i tacy, którzy doskonale wiedzą, czego chcą mówiąc nam: że chcieliby sprawdzić, czy ich produkt ma klasę V0, V1 czy V2 albo proszą po prostu o wykonanie badania na palność rur lub chcieliby uzyskać informację na temat ciepła spalania danej próbki.

Palność

Ze względu na złożone zachowanie się materiału w czasie palenia oraz bardzo dużą liczbę zmiennych parametrów i warunków, w których badany materiał może ulec zapaleniu, palność nie może być określana pojedynczym testem. Z istniejących laboratoryjnych testów uwzględniających zachowania się materiału w czasie pożaru należy wybrać

takie, które uwzględnią w szerokim zakresie właściwości palne polimerów [4,5].

Tak ogólnie można powiedzieć, iż ognioodporność materiałów polimerowych określić można za pomocą umownych wskaźników jakościowych i rzadziej ilościowych, wyznaczanych wieloma metodami badawczymi różniącymi się zarówno warunkami pomiaru, jak i kształtem oraz wymiarami próbek. Określa się przy tym podatność na zapoczątkowanie reakcji spalania, szybkość rozprzestrzeniania się płomienia, odporność na penetrację ognia w głąb tworzywa, efekty cieplne spalania, skład jakościowy i ilościowy gazowych produktów spalania (również w aspekcie ich toksyczności) oraz gęstość wydzielającego się dymu [4,6].

Podział metod ze względu na skalę

Metody badań w zależności od wielkości próbki można podzielić na [5,9-10]:

- w skali naturalnej (1:1) i dużej (próbka powyżej 150 cm) próba ogniowa (ISO 9705), próba ogniowa w sztolni pożarowej (PN EN 12881-2), próba ogniowa pojedynczego płonącego przedmiotu (SBI) (EN 13823);
- w skali średniej (próbka do 150 cm): sztolnia modelowa/pożarowa (PN EN 12882-1), ICAL-kalorymetr dla próby ogniowej (ISO 14696);
- w skali małej (próbka do 30 cm): metody płomieniowe, badania za pomocą palnika spirytusowego Barthe'a, jak i elektrycznego źródła zapłonu, badania z użyciem rozżarzonego drutu, badania w kalorymetrze stożkowym, oznaczanie wskaźnika tlenowego, analiza termo-grawimetryczna, oznaczanie składu i toksyczności gazów oraz dymów.

Każda metoda badawcza ma swoje zalety, ale również ograniczenia. Ważne jest, żeby rozpoznać te ograniczenia i nie wyciągać żadnych nieuzasadnionych wniosków z wyników badań. Należy domniemywać, iż zawsze znajdują się takie materiały, które będą wykazywać zachowanie nie dające się zweryfikować w czasie badania.

Powszechnie do oceny palności materiałów polimerowych stosuje się następujące metody badań:

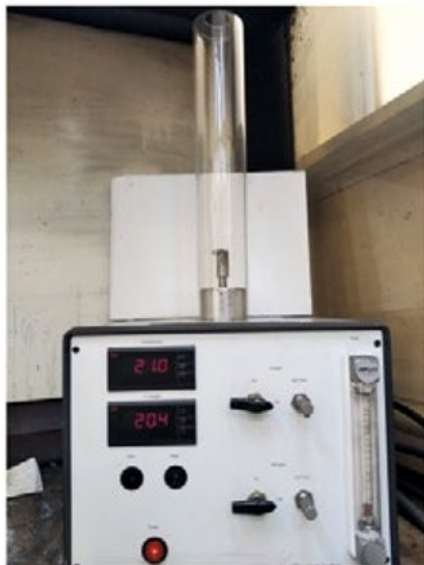
- test bezpośredniego działania płomieniem na próbkę materiału, np. metoda UL94 i metody opisane w normach: EN 60695-11-10, IEC 60707, ISO 9772, EN ISO 9773. Przypuszczalnie standardy UL są najbardziej znanymi i najpowszechniej stosowanymi normami charakteryzującymi tworzywa sztuczne stosowane jako surowce, a nie jako wyrób końcowy, którego charakterystyka jest trudniejsza i bardziej złożona. Ważną rzeczą, o której należy pamiętać, jest, że tak uzyskane wyniki są charakterystyczne dla badanego materiału i że zależą również od grubości stosowanej próbki.

W literaturze opisano też wiele innych metod badania palności tworzyw, spośród których najczęściej wymienia się metody wy-

korzystające sposób wg normy UL 94. Standardy UL są przypuszczalnie najpowszechniej stosowanymi na całym świecie normami charakteryzującymi tworzywa sztuczne jako surowce. Wyróżnić można kilka typów pomiarów palności wykorzystujące normę UL 94 różniące się m.in. sposobem ułożenia próbki (pionowe i poziome) oraz rodzajem i grubością badanego materiału. Dla tworzyw sztucznych najbardziej powszechne zastosowanie ma norma UL 94 V, która określa cztery klasy materiałów zdefiniowane (wg wzrastającej palności) jako V0, V1, V2 oraz HB. Opisuje ona nie tylko właściwości palne próbki rozumiane jako czas palenia, ale również charakteryzuje materiał pod względem odrywania się z niego płonących kropli [5,12,15];

- oznaczenie wskaźnika tlenowego zgodnie z ISO 4589 (tzw. LOI – Limited Oxygen Index). Test LOI jest bardzo subiektywny, gdyż ocena momentu palenia przy zmieniającym się stężeniu tlenu jest trudna do uchwycenia. Test ten jest przeznaczony zwykle do wstępnej oceny spoiwa polimerowego i wytypowania żywicy o najkorzystniejszych właściwościach. Nie jest on stosowany do oceny uniepalniania gotowych kompozytów polimerowych. Metodą chyba najczęściej stosowaną w Polsce, charakteryzującą w sposób ilościowy odporność na zapłon i spalanie tworzyw jest wyznaczanie wskaźnika tlenowego OI (Oxygen Index). Wskaźnik ten oznacza najmniejsze objętościowe natężenie przepływu tlenu w mieszaninie z azotem, które w określonych warunkach pomiaru podtrzymuje stałe palenie się próbki tworzywa. Metoda ta jest wciąż udoskonalana i rozwijana, m.in. po zmodyfikowaniu można ją stosować do badania tworzyw w postaci granulatu, włókien, folii, pianek, a nawet do scharakteryzowania gazowych produktów rozkładu tworzyw. Zalety tej metody spowodowały duże zainteresowanie opracowaniem modeli matematycznych, umożliwiających teoretyczne wyznaczenie wartości OI tworzyw i uzależnienie jej od budowy chemicznej polimeru, składu tworzywa, kształtu próbki oraz warunków procesu spalania. Na uwagę zasługuje tu model Kanury uwzględniający wprawdzie najwięcej czynników wpływających na proces palenia się tworzywa, ale wprowadzający również wiele założeń nie do końca potwierdzonych doświadczalnie. Model ten, jak i wiele innych, umożliwia oczywiście wyznaczenie jedynie przybliżonej wartości OI nie uwzględniając w większości przypadków składu tworzywa, niektórych warunków spalania, jak również metody przetwórstwa badanego wyrobu. Z tego też względu wartość OI wciąż najczęściej wyznacza się doświadczalnie [5,9,17];

- badanie kompozytów za pomocą kalorymetru stożkowego zgodnie z ISO 5660. Za pomocą tego urządzenia można wyznaczyć szybkość wydzielania ciepła podczas spalania próbki w czasie oraz całkowitą jego wartość. Metoda ta jest przydatna także do oceny palności kompozytów polimerowych. Na podstawie pomiarów chwilowego stężenia tlenu w gazach spalinowych wychodzących z kalorymetru



Wskaźnik tlenowy – widok aparatu

oblicza się ilość wydzielonego w danej chwili ciepła w przeliczeniu na jednostkę powierzchni badanej próbki lub jednostkę masy i rejestruje się w formie wykresu w funkcji czasu. Do dzisiaj opracowano oraz wdrożono do użytkowania wiele nowoczesnych kalorymetrów i stały się one najważniejszymi, a także najpowszechniej stosowanymi urządzeniami w rozwoju i badaniach uniepalnionych materiałów polimerowych. W czasie prowadzenia pomiarów powierzchnia badanej próbki poddawana jest oddziaływaniu stałego strumienia ciepłego emitowanego ze stożka. Próbka umieszczona jest na wadze, która w sposób ciągły mierzy masę w funkcji czasu. Gazy pochodzące z rozkładu próbki są zapalane przez zapalnik iskrowy i odciągane za pomocą wentylatora przez okap połączony z systemem rur, gdzie dokonywane są pomiary. Jednym z ważniejszych pomiarów dokonywanych w przewodach jest pomiar ilości dymu realizowany na podstawie przepuszczalności strumienia światła przez ten dym.

Badaniom poddaje się próbki kwadratowe o boku 100 mm i grubości do 50 mm. Zazwyczaj badania prowadzone są przy natężeniu zewnętrznego strumienia ciepła 25, 35 lub 50 kW/m². Próbka usytuowana jest poziomo lub pionowo do działania strumienia ciepła. Podczas badania mierzy się również stężenie tlenu, dwutlenku węgla, tlenku węgla oraz parametry termokinetyczne przedstawione w tab. 1 [5, 11].

Wyniki uzyskane z kalorymetru dobrze definiują warunki pomiaru, odtwarzalność i jednoznaczność oceny wielkości charakterystycznych, ale nie mogą reprezentować pożarów w warunkach rzeczywistych, gdyż pożary nie są zapoczątkowywane podczas promieniowania od góry za pomocą zapłonu iskrowego i otoczone ramką. Nie obserwuje się kapania badanego materiału podczas testu palności na kalorymetrze stożkowym.

Z uzyskanych wyników z kalorymetru stożkowego można wyróżnić następujące obszary zastosowań:

- oznaczanie parametrów charakterystycznych tj. HRRmax, THR itp. do celów kontrolnych i poznawczych,

- porównanie reakcji materiałów na ogień,
- wyznaczanie danych wejściowych do prognozowania się materiału w pożarze na pełną skalę.

Tab. 1. Podstawowe parametry termokinetyczne uzyskane z kalorymetru stożkowego.

Badany parametr	Symbol	Jednostka
Czas do zapalenia	TTI	s
Całkowita ilość wydzielonego ciepła	THR	[MJ/m ²]
Całkowita ilość wydzielonego dymu	TSR	m ² /m ²
Ubytek masy	Ms	g
Średnia szybkość ubytku masy	MLR _{śr}	g/s
Średnia szybkość wydzielania ciepła	HRR _{śr}	kW/m ²
Maksymalna szybkość wydzielania ciepła	HRR _{max}	kW/m ²
Średnie efektywne ciepło spalania	HOC _{śr}	MJ/kg
Zadymienie (dymotwórczość)	SEA	m ² -/kg
Średnia emisja CO	CO	kg/kg
Średnia emisja CO ₂	CO ₂	kg/kg
Maksymalna średnia szybkość wydzielania ciepła	MARHE	kW/m ²

Powyższymi metodami bada się palność materiałów polimerowych w różnych warunkach, gdyż mogą one dać uzupełniające się wzajemnie informacje. Przykładowo, ciepło spalania wyznaczone przy małym natężeniu zewnętrznego strumienia ciepła, wyznaczone przez komputerowe wygładzenie krzywej z pomiarów kalorymetrem stożkowym, może służyć do analizy przyczyn zauważonych różnic w klasyfikacji materiału wg normy UL 94V. Jednakże należy pamiętać, że podczas pożaru występują różnice temperatury w poszczególnych strefach płomienia i pożar przebiega w warunkach zmieniających się w pewnym zakresie losowo. Występuje też pewna niepewtarzalność wyznaczenia położenia i wysokości piku na krzywej z kalorymetru stożkowego z powodu nieregularności kształtu tej krzywej, co zwiększa niepewność obliczeń statystycznych. Z uwagi na to korelacja między ocenami uzyskanymi tymi metodami nie jest najlepsza [7-9,11].

Materiały budowlane

Różne podejścia dla ryzyka powstania pożaru spowodowały rozwój licznych metod testów na całym świecie. W krajach europejskich jest obecnie około 30 narodowych testów i około 20 dodatkowych metod ISO i CEN oceniających zachowanie materiałów budowlanych w pożarze. Metody te koncentrują się na ocenianiu zachowania w pożarze homogenicznych materiałów i tylko szacują zachowanie wyrobu niehomogenicznego przy zastosowaniu wymaganych warunków badania. Metody te różnią się od siebie umieszczeniem próbki podczas badania (pozioma,



Kalorymetr stożkowy firmy FTT – widok aparatu

panionowa, nachylona pod różnym kątem), typem i intensywnością płomienia oraz czasem badania.

W Niemczech obowiązującą normą określającą palność materiałów budowlanych jest norma DIN 4102-1. Zawiera ona klasyfikację materiałów budowlanych w zależności od stopnia palności. Klasa A oznacza, że materiał jest niepalny. Materiały palne zalicza się do klasy B i w zależności od intensywności palenia wyróżniamy klasy B1, B2 i B3. Klasa B3 oznacza materiał budowlany palny, który nie może być stosowany w budownictwie. We Francji wyróżnia się pięć klas palności materiałów budowlanych M0; M1; M2; M3 i M4, przy czym klasa M0 oznacza materiał niepalny.

Klasyfikacja zgodnie z PN-EN 13501

Aby przyporządkować wyrób budowlany do jednej z klas reakcji na ogień, należy przeprowadzić szereg badań zgodnych z normami badawczymi, określonymi w normie klasyfikacyjnej PN-EN 13501-1 [5,14,16]. Metody tych badań symulują warunki rozwoju pożaru w pomieszczeniu, który może się rozwinąć i osiągnąć rozgorzenie.

Każda klasa wymaga innego zestawu badań odpowiadających różnym poziomom ekspozycji na ogień. Im wyższa klasa reakcji na ogień, tym bardziej surowe warunki badania, tzn. oddziaływanie ognia większe, a kryteria do spełnienia bardziej restrykcyjne. Wyroby budowlane o tej samej klasie reakcji na ogień są badane w ten sam sposób.

Obowiązującym obecnie w Polsce, podstawowym podziałem w zakresie reakcji na ogień dla wszystkich wyrobów budowlanych, łącznie z wyrobami wbudowanymi w elementy budowlane jest podział na wyroby budowlane z wyłączeniem posadzek i na posadzki. Klasy reakcji na ogień wyrobów i metody badań odnoszące się do podanej europejskiej klasyfikacji zawarte są w normie PN-EN 13501-1 „Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie badań reakcji na ogień”. W drugiej części powyższej normy określono procedurę klasyfikacji wyrobów budowlanych oraz elementów budynków na podstawie wyników z badań odporności ogniowej i dymoszczelności. Wg PN-EN 13501-1 materiały budowlane dzieli na sześć klas od A do F. Do klasy A1 zaliczane są wyroby, które nie biorą udziału w żadnej fazie pożaru, natomiast wyroby, które nie

wpływają zasadniczo na rozwój pożaru i spełniające wymagania takie, jak dla klasy B w badaniu wg PN-EN 13823, zaliczane są do klasy A2. Materiały należące do klasy B to takie, jak dla klasy C, ale spełniające bardziej rygorystyczne wymagania (niższa wartość wskaźnika szybkości pożaru i mniejsza ilość wydzielonego ciepła). Klasa C to wyroby klasy D, ale spełniające bardziej rygorystyczne wymagania (niższa wartość wskaźnika szybkości pożaru). Dodatkowo wykazują one ograniczone boczne rozprzestrzenianie płomieni. Wyroby zdolne przeciwstawić się oddziaływaniu małego płomienia przez dłuższy czas bez znacznego rozprzestrzeniania i spełniające wymagania klasy E zaliczamy do klasy D. Wyroby klasy D wykazują także ograniczone i opóźnione wydzielanie ciepła. Wyroby przeciwstawiające się przez krótki czas działaniu małego płomienia, bez znacznego rozprzestrzeniania spełniają wymagania klasy E. Klasa F to wyroby, których nie można zaliczyć do żadnej klasy i dla których nie określono właściwości w zakresie reakcji na ogień.

Jak można zauważyć, każde państwo ma własną klasyfikację materiałów budowlanych w zależności od reakcji na ogień. Dlatego w Europie utworzono sześć klas palności od A do E. Do klasy A zaliczono materiały niepalne spełniające wymagania zawarte w normach ISO 1182 i ISO 1716. Klasę A podzielono dodatkowo na klasy A1 i A2. Materiały spełniające wymagania normy PN-EN ISO 11925-2 sklasyfikowano do klasy E. Badanie zapalności od małego płomienia regulowane jest właśnie normą PN-EN ISO 11925-2. Badanie polega na przyłożeniu do powierzchni i/lub krawędzi badanej próbki znormalizowanego płomienia. Badaniu podlega sześć reprezentatywnych próbek wyrobu. Wykonywane jest ono w komorze spalania z żaroodpornymi przeszklonymi drzwiami i z wymuszoną wentylacją. W skład stanowiska do badań, oprócz wspomnianej komory spalania wchodzi palnik wraz z konstrukcją mocowania umożliwiającą pracę palnika w pionie i pod kątem 45° w stosunku do osi pionowej oraz uchwyt do próbek. Czas oddziaływania płomienia 15 s, 30 s lub 60 s. Po upływie czasu oddziaływania odsuwa się palnik.

W trakcie badań określa się:

- wystąpienie zapłonu próbki po czasie przyłożenia płomienia zgodnym z normą,
- czas palenia się próbki oraz zasięg płomienia,
- osiągnięcie przez wierzchołek płomienia odległości 150 mm powyżej punktu przyłożenia płomienia, a także czas, po którym to nastąpiło,
- opad kroplisty – płonące krople (wystąpienie zapalenia się papieru filtracyjnego).

Norma w sposobie wykonania jest bardzo podobna do niemieckiej normy DIN 4102-1. Europejska klasyfikacja A1/A2 i E oprócz niewielkich zmian w wymaganiach jest bardzo podobna do niemieckiej klasy A i B2. W przypadku europejskiej klasy B; C i D konieczne było opracowanie nowych metod badania, gdyż nie było

normy określającej wymagania dla poszczególnych klas. Opracowano metodę pojedynczego palącego się płomienia SBI (Single Burning Item), umożliwiającą ocenę udziału pojedynczego palącego się wyrobu w rozwoju pożaru usytuowanego w narożu pomieszczenia. Sposób wykonania testu SBI określa norma PN-EN 13823 „Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych. Wyroby budowlane, z wyłączeniem posadzek, poddane oddziaływaniu termicznemu pojedynczego płonącego przedmiotu”. Badanie to jest swego rodzaju symulacją pożaru, do którego może dojść wewnątrz budynku. Zgodnie z normą PN-EN 13823, badanie ocenia „potencjalny udział wyrobu w rozwoju pożaru, w sytuacji pożarowej symulującej pojedynczy płonący przedmiot usytuowany w narożu pomieszczenia i w pobliżu tego wyrobu”. Stanowisko badawcze w teście SBI złożone jest z pomieszczenia badawczego o ścianach wykonanych z materiałów o klasie A1 lub A2, z otworem do wsunięcia wózka z próbką, urządzeń do badań (wózek, rama, palniki, okap, kolektor i przewody), systemu oddymiania i całego spectrum aparatury pomiarowej takiej, jak np.: sondy do pobierania próbek gazu i systemu pomiaru osłabienia wiązki światła, zestaw analizatorów stężenia tlenu i dwutlenku węgla wraz z urządzeniem rejestrującym.

Metodę SBI oznaczają następujące parametry: zapalność materiału, szybkość palenia, występowanie dymu, ilość wydzielonego ciepła i szybkość wydzielania energii oraz kapanie palących się kawałków materiałów. Badanie to pozwala na ocenę potencjalnego wpływu wyrobu na rozwój pożaru i jest podstawą do ustalenia klasy reakcji na ogień A2, B, C, D. Celem badania SBI jest przede wszystkim wyznaczenie szybkości wydzielania ciepła podczas spalania określonej próbki, w warunkach określonych w tej normie. Element próbny składa się z dwóch skrzydeł o wymiarach 1000x1500 mm i 500x1500 mm, tworzącym narożnik u dołu, którego zamontowany jest palnik o mocy 30 kW zasilany gazem. Podczas badania dokonywane są obserwacje dotyczące rozprzestrzeniania płomienia oraz występowania spadających i płonących cząstek lub kropli. Na podstawie danych pomiarów dokonywanych w trakcie badania, dotyczących zmian stężeń tlenu i dwutlenku węgla w przewodzie spalinowym nad stanowiskiem, mierzonych temperatur, wartości ciśnień oraz transmitancji światła obliczane są parametry, na podstawie których klasyfikuje się wyrób do odpowiedniej klasy (palności) reakcji na ogień. Obliczane wielkości to:

- FIGRA (ang: FireGrowthRate) – wskaźnik szybkości rozwoju pożaru [W/s],
- THR600 s – całkowita ilość wydzielonego z próbki ciepła w czasie pierwszych 600 s oddziaływania płomieni [MJ],
- LFS – poprzeczne rozprzestrzenienie płomienia,
- SMOGRA – szybkość wydzielania dymu [m^2/s^2],
- TSP600 s – całkowite wydzielanie dymu z elementu próbnego z próbki w okresie pierwszych 600 s oddziaływania płomieni palnika głównego [m^2].

Powyższe parametry, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13501, są niezbędne do ustalenia właściwości wyrobów dla euroklas A₂, A_{2L}, B, B_L, C, C_L, D i D_L. Badanie SBI samodzielnie może być wykonywane do badań technologicznych lub w celu ustalenia zasadniczych właściwości użytkowych. Jednak pełna klasyfikacja reakcji na ogień w zależności od klasy powinna być uzupełniona o badania PN-EN ISO 11925-2, EN ISO 1182 czy EN ISO 1716 [5,9,11-18, 20].

Motoryzacja

Normy bezpieczeństwa, takie jak FMVSS 302 (USA) i ISO 3795 (normy podobne), zostały opracowane w celu zmniejszenia liczby zgonów i obrażeń pasażerów spowodowanych przez pożary pojazdu, zwłaszcza te pochodzące z wnętrza pojazdu z wyrzuconych papierosów i zapalek. W niektórych przypadkach producenci opracowali również własne specyfikacje oparte na tych normach FMVSS 302 jest obowiązkowym wymogiem dla wszystkich materiałów stosowanych we wnętrzach pojazdów silnikowych sprzedawanych w USA, a norma ISO jest ogólnie określana na inne rynki, chociaż nie zawsze jest to wymóg prawny. Normy dotyczą nie tylko samochodów osobowych, ale także samochodów ciężarowych, autokarów oraz pojazdów rolniczych i leśnych.

Testy przeprowadza się w małej komorze spalania, zwykle o długości 370 mm, szerokości 200 mm i wysokości 350 mm, wyposażonej w otwory w podłodze umożliwiające wlot powietrza i wentylowany prześwit u góry. Okienko obserwacyjne umożliwia badaczowi monitorowanie postępu zapłonu po wprowadzeniu próbek. Próbki materiału o wymiarach 356 mm x 100 mm są montowane poziomo w uchwycie w kształcie litery U, który jest wsuwany do komory. Po całkowitym włożeniu koniec próbki znajduje się nad palnikiem Bunsena, wystawiając wolny koniec badanego materiału na działanie małego płomienia gazu ziemnego. Pomiar czasu palenia kończy się, gdy płomień zgaśnie lub zakończy swoją drogę do ostatniego punktu pomiarowego. Następnie można obliczyć szybkość spalania na minutę. W przypadku ogólnych zastosowań dopuszczalna jest szybkość spalania nie większa niż 100 mm na minutę, chociaż niektórzy producenci pojazdów zastrzyli wymagania, aby określić wolniejsze szybkości spalania. Testy te uwzględniają jedynie kwestie dotyczące palności i nie dotyczą kwestii związanych z wytwarzaniem szkodliwych oparów. Standardy bezpieczeństwa w branży motoryzacyjnej są bardzo wysokie. W szczególności badane są właściwości przeciwpożarowe użytych materiałów i komponentów. Normy różnych producentów samochodów, takich jak VW (TL 1010), Daimler (DBL 5307) lub BMW (GS 97038), odnoszą się do amerykańskich specyfikacji FMVSS 302, które zostały włączone do normy DIN 75200. [6, 10, 18, 20].

I na koniec

Zachowanie materiałów palnych podczas pożaru jest wynikiem wzajemnie na siebie wpływających parametrów rządzą-

cych rozwojem pożaru oraz właściwości danego materiału. W celu usystematyzowania własności pożarowych materiałów prowadzi się badania normowe pozwalające na ich klasyfikację – przyporządkowanie do pewnych grup spełniających określone wymagania w ściśle sprecyzowanych warunkach badania. Wiadomo, że tworzywa polimerowe, podobnie jak i inne materiały palne, gdy znajdują się w fazie pełnego rozwoju ognia, nie przyczyniają się do jego opanowania. Dlatego ważne jest, by ocenić zachowanie materiału podczas etapów spalania poprzedzających moment pełnego rozwoju ognia. Obejmuje to zapłon i rozprzestrzenianie się płomieni oraz wydzielanie ciepła. Ponadto zasadniczemu działaniu ognia towarzyszą tak zwane zjawiska wtórne, które mają istotne konsekwencje. Przykłady to wydzielanie się dymu, toksyczność gazów pochodzących z rozkładu i kapanie materiału. Wszystkimi tymi zjawiskami rządzi bardzo wiele parametrów wpływających na siebie wzajemnie, takich jak: rodzaj, czas trwania i intensywność źródła zapłonu, rodzaj wentylacji, kształt i właściwości materiału palnego.

Przedstawione metody pozwalają na szerokie poznanie procesów spalania różnorodnych materiałów polimerowych, a także ocenę wpływu różnych dodatków modyfikujących te materiały w zależności od ich rodzaju oraz stężenia w różnych warunkach spalania.

Widać stąd, że badanie reakcji zachodzących w ogniu jest bardzo skomplikowanym zadaniem, niemożliwym do zrealizowania w ciągu jednego testu analitycznego. A w każdym przypadku określenie w sposób absolutny zachowania się materiału w ogniu jest zasadniczo niemożliwe. Stosuje się wiele testów laboratoryjnych, bardzo różnych i w związku z tym nie dających się bezpośrednio porównać. W pewnych przypadkach parametry takie, jak palność, łatwość zapłonu, rozprzestrzenianie się płomienia i wydzielanie się ciepła, są badane wnikliwiej od innych.

Wiele z wyżej wymienionych metod badań palności wykonujemy w naszym Laboratorium Badawczym Tworzyw Polimerowych w Gliwicach należącym do Sieci Badawczej Łukasiewicz – IMPiB, w związku z czym zachęcamy do zapoznania się z naszą ofertą.

Literatura

- Profit-Szczepańska M., Półka M.: Polimery, 2003, 48, 545.
- Iwko J., *Bezpieczeństwo użytkowania tworzyw sztucznych w aspekcie ich palności*, Mechanik, 10, 2007.
- <http://tworzywa.com.pl/Wiadomości/Skuteczne-dzialanie-srodkow-opozniajacych-palenie-20927.html>
- Praca zbiorowa pod red. Jurkowska B., Rydarowski H., *Materiały polimerowe o obniżonej palności*. WNITE-PIB 2012.
- Jurkowska B., Rydarowski H., Jurkowski B., *Niektóre aspekty badań palności kompozytów polimerowych, wydawnictwo Politechniki Krakowskiej*, 1-M/2009.
- http://www.composites.polsl.pl/article/11/62._WESO-LEK%20Dorota%20ROJEWSKI%20Szymon_PO%20FOM.pdf
- Sawicki T.: *Zabójcze polimery* *Plastics Review* 6, 2004.
- Sawicki T.: *Požary tworzyw sztucznych* *Plastics Review* 10, 2002.
- Szlezzyngier W.: *Tworzywa sztuczne*, Rzeszów 1998.
- <http://www.stolbud.pl/prasa/8.html>
- ISO 5660 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).
- PN-EN 13823 *Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych – Wyroby budowlane, z wyłączeniem podłogowych, poddane oddziaływaniu termicznemu pojedynczego płonącego przedmiotu*.
- PN-EN ISO 11925-2 *Badania reakcji na ogień. Zapalność materiałów poddawanych bezpośredniemu działaniu płomienia. Część 2: Badania przy działaniu pojedynczego płomienia*.
- Małozieć D., Koniuch A., *Reakcja na ogień metody badań i kryteria klasyfikacji, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza: kwartalnik CNBOP. - 2010/1, s.63-73*.
- PN EN 60695-11-10 *Badanie zagrożenia ogniowego -- Część 11-10: Płomienie probiercze -- Metody badania płomieniem probierczym 50 W przy poziomym i pionowym ustawieniu próbki*.
- ISO 13501 *Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków -- Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień*.
- ISO 4589:1 *Tworzywa sztuczne -- Oznaczanie zapalności metodą wskaźnika tlenowego -- Część 2: Badanie w temperaturze pokojowej*.
- PN ISO 3795 *Pojazdy drogowe oraz ciągniki, maszyny rolnicze i leśne -- Określanie palności materiałów stosowanych wewnątrz pojazdów*.
- <https://docplayer.pl/154933611-Badania-palnosci-materialow-stosowanych-wewnatrz-pojazdow-samochodowych.html>
- Kaczmarzyk P., Lesiak P., Warguła Ł., Waluś K. J. „Badania palności materiałów stosowanych wewnątrz pojazdów samochodowych”, *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 2019, R. 20, nr 1-2, 74--78.