

Agnieszka Ubowska¹, Renata Dobrzyńska²

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Siedziska stadionowe – ocena zagrożenia pożarowego³

Organizowanie na stadionach imprez masowych niesie za sobą ryzyko wystąpienia wielu zagrożeń, które związane są zarówno z konstrukcją obiektu jak i zachowaniem się dużej grupy osób. Bezpieczeństwo widzów w obiektach sportowych jest ważnym problemem na całym świecie, uwzględnianym w czasie projektowania, budowy i wyposażenia terenów sportowych. Do tego wyposażenia zalicza się m.in. krzeselka stadionowe. Produkowane głównie metodą wtrysku siedziska stadionowe wykonane są najczęściej z polipropylenu oraz poliamidu, a więc polimerów palnych. Aby sprostać wymaganiom przeciwpożarowym w trakcie produkcji tych elementów stosuje się różnego rodzaju uniepalniacze. Ich właściwy dobór jakościowy i ilościowy pozwala na otrzymanie materiałów polimerowych, które spełniają wymagania pod kątem palności oraz toksyczności produktów spalania.

Charakterystyka siedzisk stadionowych

Konstrukcja siedzisk stadionowych oraz materiały stosowane do ich wyrobu muszą sprostać wymaganiom zarówno organizacji takich jak FIFA, UEFA, PZPN czy PZP jak i uczestników imprez. Na wymagania te składają się: ergonomiczne kształty, odporność na działanie czynników atmosferycznych, bardzo duża wytrzymałość mechaniczna, łatwość montażu, odporność na odbarwienie pod wpływem światła słonecznego, a przede wszystkim trudnopalność – cecha, bez której spełnienia nawet najlepiej wykonane siedziska nie zostaną dopuszczone do montażu na stadionie. Z wymagań organizacji międzynarodowych wynika, iż miejsca siedzące dla widzów muszą być indywidualne, przytwierdzone (np. do podłoża), oddzielone od siebie, wyprofilowane, numerowane, z wytrzymałego i trudno zapalnego materiału i muszą posiadać oparcia na przynajmniej 30 cm od powierzchni siedziska, bez ścianek tylnych, gdzie można schować środki pirotechniczne [3, 11].

Aktem prawnym, który reguluje wymagania związane z zagrożeniem pożarowym budowli sportowych jest Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami). Zgodnie z § 261 Rozdziału 5 Wymagania przeciwpożarowe dla elementów wykończenia wnętrz i wyposażenia stałego: „Pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania ponad 200 osób dorosłych lub 100 dzieci, w których miejsca do siedzenia są ustawione w rzędach, powinny mieć: (1) fotele i inne siedzenia trudno zapalne odpowiadające wymaganiom Polskiej Normy dotyczącej oceny zapalności mebli tapicerowanych oraz niewydzielające produktów rozkładu i spalania, określonych jako bardzo toksyczne, zgodnie z Polską Normą dotyczącą badań wydzielania produktów toksycznych (...)” [10].

Typowymi polimerami wykorzystywanymi do produkcji sztywnych siedzisk stadionowych są poliamid (PA) i polipropylen (PP). Siedzenia wykonywane są w technologii wtrysku. Oba materiały niemodyfikowane są łatwo zapalne co ogranicza ich bezpośrednie zastosowanie do wyrobu siedzisk. Polipropylen podczas ogrzewania ulega destrukcji termooksydacyjnej, której towarzyszy powstanie niewielkiej ilości monomeru. W procesie destrukcji powstaje duża ilość małowcząsteczkowych związków organicznych (ok. 70%), głównie węglowodorów. W początkowej fazie rozkładu płomień ma kolor niebieskobiały, natomiast po upływie pewnego czasu ogień wybucha, a płomień staje się jasnożółty. Dym i zapach spalin wydzielające się podczas spalania polipropylenu mają charakter drażniący. Głównymi pro-

¹ dr inż., A Ubowska, adiunkt, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Techniki Morskiej i Transportu, Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa i Energetyki.

² dr inż., R. Dobrzyńska, starszy wykładowca, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Techniki Morskiej i Transportu, Katedra Inżynierii.

³ Artykuł recenzowany.

duktami pirolizy termicznej polipropylenu (w temp. 400°C) są pentan, propen oraz 2,3-dimetyloheptan. W obecności tlenu głównymi produktami pirolizy są aldehydy i ketony o małej masie cząsteczkowej oraz CO₂ [5]. Podczas rozkładu poliamidów wydzielany jest cyjanowodor. Produktami spalania w obecności tlenu są również CO i CO₂. W czasie spalania PA wydzielany jest duszący zapach, przypominający zapach palonego rogu lub palonych włosów. Barwa płomienia jest niebieskawa z żółtym obrzeżem. Tworzywo topi się w czasie palenia i gaśnie po wyjęciu z płomienia.

Substancje zmniejszające palność polimerów

Uniepalniacze stosowane są jako dodatki do tworzyw sztucznych w celu zapobiegania zapłonowi lub rozprzestrzenianiu się płomienia. Dodatki te mają szczególne znaczenie w tworzywach stosowanych w budownictwie, elektryce i transporcie, gdyż muszą one spełniać normy bezpieczeństwa pożarowego. W zależności od prawdopodobieństwa zagrożenia oraz rodzaju tworzywa sztucznego istnieje wiele dodatków zmniejszających palność, które pomogą spełnić te wymagania.

W przypadku polimerów termoplastycznych jakimi są PP i PA, jako środki uniepalniające stosuje się najczęściej związki addytywne które nie reagują z polimerem. Są one dodawane w procesie przetwórczym. Do grupy tej należą niepalne napełniacze mineralne, związki zdolne do reakcji endotermicznych, związki hamujące proces depolimeryzacji oraz powłoki ochronne zdolne do wytworzenia bariery ognioochronnej [4]. Największą grupę antypirenów addytywnych stanowią związki fosforu: fosforany alkilowe i arylowe, nieorganiczne materiały fosforowe (głównie czerwony fosfor) oraz poli(fosforan amonowy). Osobną grupę stanowią związki fosforowo-azotowe głównie amonowe pochodne fosforowe np. polifosforan amoniowy i poli(fosforan melaminy). W przypadku tych związków występuje efekt synergiczny fosforu i azotu [1, 4, 5].

Metody badań cech pożarowych siedzisk stadionowych

Badania zapalności siedzisk stadionowych wykonywane jest zgodnie z normą PN-EN 1021-1:2014 – *Meble. Ocena zapalności mebli tapicerowanych. Źródło zapłonu: tlący papieros* oraz PN-EN 1021-2:2014 – *Meble. Ocena zapalności mebli tapicerowanych. Źródło zapłonu: równoważnik płomienia zapalki*. W obu przypadkach ocenę zapalności określa się poprzez obserwację reakcji badanych materiałów poddanych działaniu źródła zapłonu, poprzez wystąpienie określonych w normie kryteriów.

W przypadku badania wg PN-EN 1021-1:2014 należy zapalić papieros i upewnić się, że jego koniec tli się, z tym, że długość spalania nie powinna być dłuższa niż 8 mm. Następnie umieszcza się go na styku oparcia i siedziska w odległości od najbliższej krawędzi bocznej lub śladów wcześniejszych badań, która powinna wynosić minimum 50 mm. Po umiejscowieniu źródła zapłonu należy uruchomić czasomierz. Podczas obserwacji należy zanotować każde postępujące tlenie bądź zapalenie się materiału. W przypadku zaobserwowania palenia się płomieniem lub tlenia materiału w okresie 60 minut od ułożenia papierosa powinno się ugasić materiał i zanotować ten fakt oraz czas, jaki upłynął pomiędzy położeniem źródła zapłonu, a wygaszeniem [6].

W przypadku badania wg PN-EN 1021-2:2014 należy podpalić palik zasilany butanem, a następnie ustalić przepływ gazu równy 45 ± 2 ml/min. Po ustabilizowaniu płomienia należy umieścić rurkę palnika osiowo w identyczny sposób jak papieros w wyżej opisanej metodzie. Źródło zapłonu powinno oddziaływać na badany materiał przez 15 ± 1 s. Podczas obserwacji należy zanotować każde postępujące tlenie, bądź zapalenie materiału. W przypadku wystąpienia postępującego tlenia lub palenia się siedziska należy je zgasić oraz zapisać negatywny wynik [7].

Ocena zagrożenia toksycznego dokonywana jest na podstawie badań zgodnych z normą PN-88/B-02855. Zasada opisanej w normie metody opiera się na ilościowym, chemicznym oznaczeniu produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów. Rozkład termiczny i spalanie próbek prowadzi się w temperaturze 450°C, 550°C i 750°C. W trakcie badania określa się stężenia CO, CO₂, HCl, HCN, NO₂ i SO₂. Na tej podstawie wyznacza się emisję właściwą tych produktów. Dla każdej temperatury badania oblicza się wypadkową wartość wskaźników toksykometrycznych wszystkich oznaczonych produktów rozkładu termicznego i spalania próbek badanego materiału. Podstawę do klasyfikacji materiałów stanowi wartość średnia wskaźników toksykometrycznych wyznaczonych dla poszczególnych temperatur badania [9].

W praktyce dodatkowo wykonuje się badania siedzisk wg norm PN-EN ISO 11925-2:2010 *Badania zapalności materiałów* oraz BS 5852:2006 *Methods of test for assessment of the ignitability of upholstered seating by smouldering and flaming ignition sources*.

Badanie wg normy PN-EN ISO 11925-2:2010 polega na poddaniu wyrobu bezpośredniemu działaniu małego płomienia w usytuowaniu pionowym. Źródłem podpalania jest palnik gazowy zasilany propanem. Wysokość płomienia wynosi 20 mm. Po ustabilizowaniu płomienia należy nachylić palnik pod kątem 45° w stosunku do jego pionowej osi i przesunąć go poziomo do momentu uzyskania kontaktu z próbką. Od momentu pierwszego kontaktu płomienia z materiałem należy rozpocząć mierzenie czasu. Czasy oddziaływania wynoszą 15 s lub 30 s. W trakcie badania pod próbką umieszcza się papier filtracyjny. Podczas badania należy odnotować wystąpienie zapalenia badanego wyrobu, osiągnięcia przez wierzchołek płomienia odległości 150 mm powyżej punktu przyłożenia płomienia i czas po którym to nastąpiło, wystąpienie zapalenia papieru filtracyjnego oraz obserwacje dotyczące zachowania się próbki [8].

Badanie wg BS 5852:2006 polega na ocenie zapalności siedzisk z wykorzystaniem wybranych źródeł zapłonu: papierosa, płomienia palnika gazowego zasilanego butanem o trzech różnych przepływach gazu lub drewnianych stosów różniących się liczbą warstw i sposobem ułożenia beleczek w stosie. W czterech pierwszych przypadkach źródło płomienia umieszcza się pomiędzy siedzeniem, a oparciem siedziska. Stosy umieszcza się w najbardziej prawdopodobnych miejscach zapoczątkowania pożaru przy czym w normie podanych jest 12 miejsc w których możliwe jest ułożenie stosu. Badany wyrób nie może się palić/tlić dłużej niż 30 minut (płomień palnika gazowego) lub 60 minut (płonący stos). Zasięg spalania nie może być dłuższy niż 100 mm w każdym z kierunków [2].

Badania palności i toksyczności produktów spalania siedzisk stadionowych

Do oceny zagrożenia pożarowego powodowanego przez siedziska stadionowe wykorzystano wyroby polskich producentów, wykonane z poliamidu PA6 oraz polipropylenu. Ze względu na tajemnicę handlową producenci nie ujawnili rodzaju i udziału zastosowanych uniepalniaczy. Do badań wytypowano pięć siedzisk: siedziska 1, 2, 3 – wykonane z polipropylenu oraz siedziska 4, 5, 6 – wykonane z poliamidu. Wyroby poddano badaniom zgodnie z normami PN-EN 1021-1:2014, PN-EN 1021-2:2014, PN-88/B-02855, PN-EN ISO 11925-2:2010 oraz BS 5852:2006. Metodykę badań opisano powyżej.

Wyniki badań

Pierwszym z kryteriów stawianych siedziskom stadionowym jest spełnienie wymagań norm PN-EN 1021-1:2014 i PN-EN 1021-2:2014. Wszystkie badane wyroby nie zapalają się, gdy źródłem zapłonu jest tłący się papieros (Tab. 1). W przypadku zastosowania jako źródła zapłonu płomienia palnika doszło do zapalenia się siedziska polipropylenowego 2 (Rys. 1). Niespełnienie podstawowego kryterium dyskwalifikuje wyrób, w związku z tym nie kontynuowano badań tego siedziska innymi metodami.

Tabela. 1 Wyniki badań zapalności i toksyczności produktów spalania badanych wyrobów

Material	Zapalność			Toksyczność
	PN-EN 1021-1:2014 / PN-EN 1021-2:2014	PN-EN ISO 11925-2:2010	BS 5852:2006 (źródło zapłonu 5 – stos)	PN-88/B-02855
PP (siedzisko 1)	spełnia/ spełnia	spełnia	-	toksyczne
PP (siedzisko 2)	spełnia/nie spełnia	-	-	-
PP (siedzisko 3)	spełnia/spełnia	spełnia	-	bardzo toksyczne
PA (siedzisko 4)	spełnia/spełnia	spełnia	spełnia	toksyczne
PA (siedzisko 5)	spełnia/spełnia	spełnia	nie spełnia	-
PA (siedzisko 6)	spełnia/spełnia	spełnia	spełnia	toksyczne

-) badania nie przeprowadzono

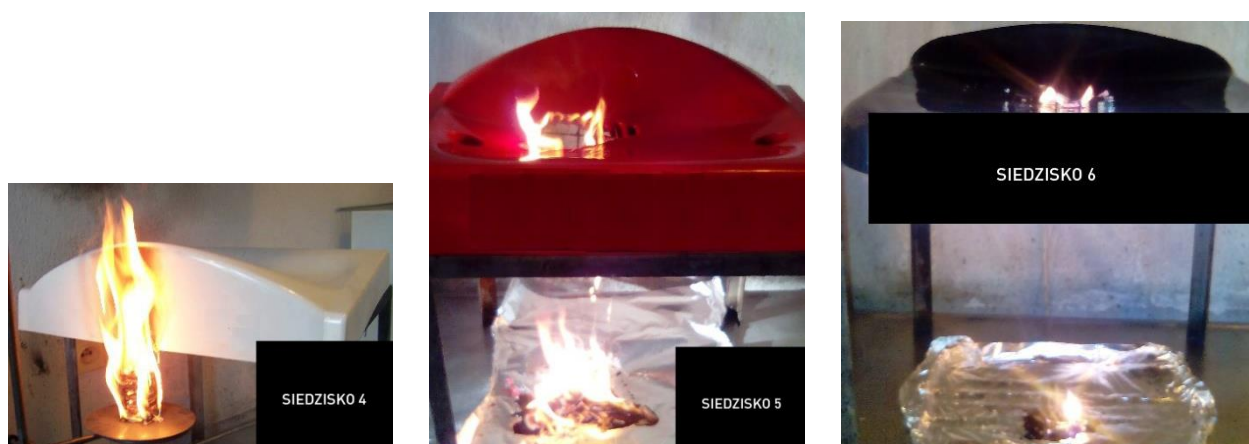


Rys. 1. Zachowanie się siedziska 2 podczas badania wg PN-EN 1021-2:2014

Źródło: oprac. własne

Drugim wymagalnym kryterium stawianym siedziskom stadionowym jest brak bardzo toksycznych produktów rozkładu i spalania. Z badanych wyrobów wymagania tego nie spełniło siedzisko polipropylenowe 3 (Tab. 1).

W praktyce, w specyfikacji przetargowej, strony zamawiające wyposażenie stadionowe często wymagają od producentów siedzisk spełnienia wymagań dodatkowych. Zalicza się tu brak zapalności wyrobu zgodnie z PN-EN ISO 11925-2:2010 lub BS 5852:2006. Wszystkie z badanych tą metodą siedzisk nie zapalały się podczas badania wg normy PN-EN ISO 11925-2:2010. Badaniu zapalności wg BS 5852:2006 poddano wyroby poliamidowe. Kryterium badania nie spełniło jedynie siedzisko 5 (Rys. 2). Wystąpiło niebezpiecznie narastające spalanie wymagające ugaszenia próbki. Podczas badania siedziska 6 powstawał kroplisty opad, którego obecność jednakże nie dyskwalifikuje wyrobu. Tego typu siedziska mocowane są na konstrukcji stalowej do podłoża niepalnego, w związku z tym kroplisty opad nie przyczyni się do rozprzestrzeniania pożaru. Może jednak spowodować dotkliwie poparzenia ludzi w kontakcie ze skórą.



Rys. 2. Zachowanie się siedzisk podczas badań wg BS 5852:2006, źródło zapłonu 5 – stos: zapalenie krawędziowe – siedzisko 4, zapalenie powierzchniowe – siedziska 5 i 6

Źródło: oprac. własne

Dwa z sześciu badanych siedzisk (oba polipropylenowe) nie spełniły wymagań administracyjnych związanych z zagrożeniem pożarowym budowli sportowych. Badania dodatkowe siedzisk poliamidowych wg BS 5852:2006, których wyniki badań kryterialnych pozwalają na ich stosowanie w obiektach sportowych, wykazały, że dwa z wyrobów (siedziska 5 i 6) mogą stanowić zagrożenie w sytuacji pożaru.

Wnioski

Zapalność oraz toksyczność produktów spalania siedzisk stadionowych mają istotny wpływ na bezpieczeństwo pożarowe obiektów sportowych. Niewłaściwej jakości wyroby mogą być przyczyną niekontrolowanego, szybko rozwijającego się pożaru, któremu może towarzyszyć emisja toksycznych produktów spalania zagrażających zdrowiu i życiu ludzi. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że zasadne jest przeprowadzanie badań zapalności siedzisk w rozszerzonym zakresie, co pozwala na lepszą ocenę zagrożenia pożarowego obiektów.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wymagania stawiane siedziskom stadionowym z punktu widzenia stwarzanego przez nie zagrożenia pożarowego. Opisano podstawowe dodatki powodujące zmniejszenie palności termoplastów. Scharakteryzowano metody stosowane do oceny zagrożenia pożarowego siedzisk stadionowych. W części doświadczalnej przedstawiono wyniki badań wybranych siedzisk stadionowych wg PN-EN 1021-1:2014, PN-EN 1021-2:2014, PN-88/B-02855, PN-EN ISO 11925-2:2010 oraz BS 5852:2006. Na podstawie otrzymanych wyników dokonano oceny zagrożenia pożarowego powodowanego przez siedziska stadionowe.

Stadium seats - assessment of the fire hazard

Abstract

The paper presents the requirements for stadium seats from the point of view of hazards posed by fire. Basic additives which reduce the flammability of thermoplastics were described. Moreover, methods used to evaluate the hazard of fire of stadium seats were characterized. In the experimental part the results of selected stadium seats according to PN-EN 1021-1:2014, PN-EN 1021-2:2014, PN-88/B-02855, PN-EN ISO 11925-2:2010 and BS 5852:2006 were presented. On the basis of the results the hazard evaluation of the fire posed by stadium seats was made.

LITERATURA / BIBLIOGRAPHY

- [1]. Betts K. S., *New thinking on flame retardant*, Environ Health Perspect. 2008 May; 116(5): A210–A213.
- [2]. BS 5852:2006 *Methods of test for assessment of the ignitability of upholstered seating by smouldering and flaming ignition sources*.
- [3]. *FIFA Safety Guidelines*, Zurych 2003.
- [4]. Iwko J., *Zachowanie się tworzyw sztucznych w warunkach pożarowych*. Część II, Tworzywa Sztuczne i Chemia, 2006; 9: 24-29.
- [5]. Jankowska G., Przygocki W., Włochowicz A., *Palność polimerów i materiałów polimerowych*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
- [6]. PN-EN 1021-1:2014 – *Meble. Ocena zapalności mebli tapicerowanych. Źródło zapłonu: tłący papieros*.
- [7]. PN-EN 1021-2:2014 – *Meble. Ocena zapalności mebli tapicerowanych. Źródło zapłonu: równoważnik płomienia zapalki*.

