



TECHNIKA TRANSPORTU SZYNOWEGO

Paweł OGRODNIK, Daniel PIENIAK, Waldemar JASKÓŁOWSKI, Leszek GIL,
Jacek SZULEJ

WSTĘPNE BADANIA WPŁYWU PODWYŻSZONYCH TEMPERATUR NA WYTRZYMAŁOŚĆ DREWNA IMPREGNOWANEGO ŚRODKIEM OGNIOCHRONNYM ZAWIERAJĄCYM SiO_2

Streszczenie

Dotychczasowe materiały drewniane i drewnopochodne miały wiele wad ograniczających ich zastosowanie w infrastrukturze transportu. Problem stanowiły ograniczenia co do maksymalnych wymiarów przekrojów elementów oraz możliwości wykonywania elementów o znacznych rozpiętościach, również trwałość powierzchni a także łatwopalność ograniczały ich zastosowanie. Obecnie coraz częściej w infrastrukturze transportu wykorzystuje się drewno. Wykorzystywane jest m.in. do wykończenia środków i infrastruktury budowlanej transportu, w konstrukcji ekranów przeciwhałasowych, przystanków i innych. W artykule przedstawiono wyniki badań wytrzymałości drewna świerkowego. Badano próbki impregnowane zabezpieczone środkiem ogniochronnym zawierającym krzemionkę. Badania wytrzymałości prowadzono po ekspozycji próbek w podwyższonych temperaturach oraz na próbkach nie obrobionych termicznie. W badaniach nie wykazano istotnego wpływu zastosowanej impregnacji oraz podwyższony temperatur na wytrzymałość drewna świerkowego. Wykazano wpływ podwyższonych temperatur na charakterystykę zniszczenia próbek.

WSTĘP

Drewno jest jednym z najstarszych materiałów używanych przez człowieka. Obecnie w budownictwie i transporcie jest najczęściej wykorzystywane jako materiał konstrukcyjny i wykończeniowy. Pod względem technicznym drewno jest naturalnym materiałem kompozytowym o osnowie polimerowej wzmacniany ciągłymi włóknami polimerowymi, którymi są podłużne komórki zorientowane jednoosiowo. W porównaniu z wieloma innymi materiałami konstrukcyjnymi drewno cechuje szereg wad związanych z jego biologicznym pochodzeniem. Bez odpowiedniego zabezpieczenia drewno jest podatne na degradację pod wpływem wody, grzybów i owadów. W konstrukcjach inżynierskich dość często wykorzystywanym materiałem jest drewno świerkowe.

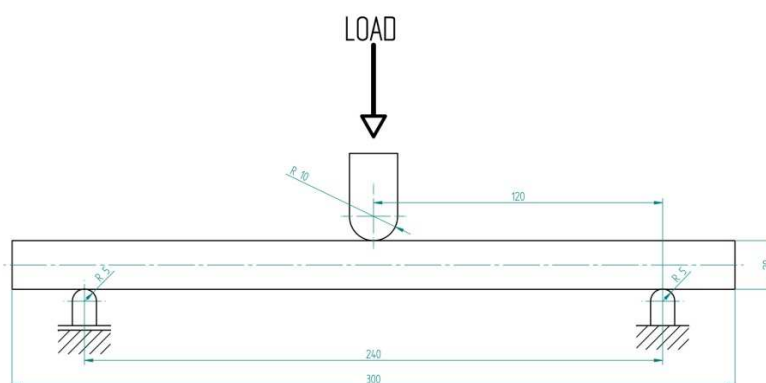
Drewno świerkowe jest materiałem trwałym, gdy jest stosowane w miejscach suchych i przewiewnych lub gdy stale znajduje się pod wodą. Nadaje się ono do impregnacji, bejcowania i malowania. Najlepsze właściwości techniczne tego gatunku ma drewno z drzew ściętych w wieku 80-120 lat. Podstawową wadą drewna jest jego mała odporność na wysokie

temperatury występujące podczas pożaru. Degradacja termiczna wysuszonej celulozy następuje w temperaturze około 300°C, jednakże degradacja hemicelulozy następuje już w zakresie temperatur od 150 do 200°C, ponadto dekompozycja ligniny stanowiącej o spoiwości struktury drewna, następuje w zakresie temperatur pomiędzy 220 a 250°C, natomiast dehydratacja ligniny następuje w temperaturze 200°C. Sam mechanizm palenia rozpoczyna się w temperaturze około 105°C, w której zachodzi usunięcie wolnej wody z drewna. Powyżej temperatury 200°C następuje intensywne emisja gazów, w wyniku zapoczątkowania reakcji egzotermicznych, ponadto następuje intensywne przebarwienie się drewna do ciemnobrunatnego koloru. Proces ten przyspiesza po przekroczeniu temperatury 270°C. Od tego momentu temperatura szybko wzrasta do 500-550°C, drewno pali się już samorzutnie, to znaczy bez dostarczenia ciepła z zewnątrz [1,2]. W związku z w większości przypadków wymagane jest aby konstrukcje drewniane wykorzystywane w budownictwie i wykończeniach wnętrz były zaimpregnowane środkami zabezpieczającymi drewno przed rozprzestrzenianiem ognia. Preparaty ogniochronne do drewna powinny opóźnić moment zapalenia się materiału, zmniejszać szybkość rozprzestrzeniania się płomienia oraz zmniejszać ilość spalania materiałów palnych. Mechanizm działania środków ogniochronnych polega na zakłóceniu procesu spalania w określonym stadium jego rozwoju. W zależności od metody impregnacji i rodzaju środka ogniochronnego w procesie spalania drewna rozróżnia się oddziaływanie na etapie ogrzania, rozkładu, zapłonu, lub rozprzestrzeniania się ognia. Do najskuteczniejszych środków należą te które działają we wszystkich fazach spalania [3].

1. MATERIAŁ I METODA

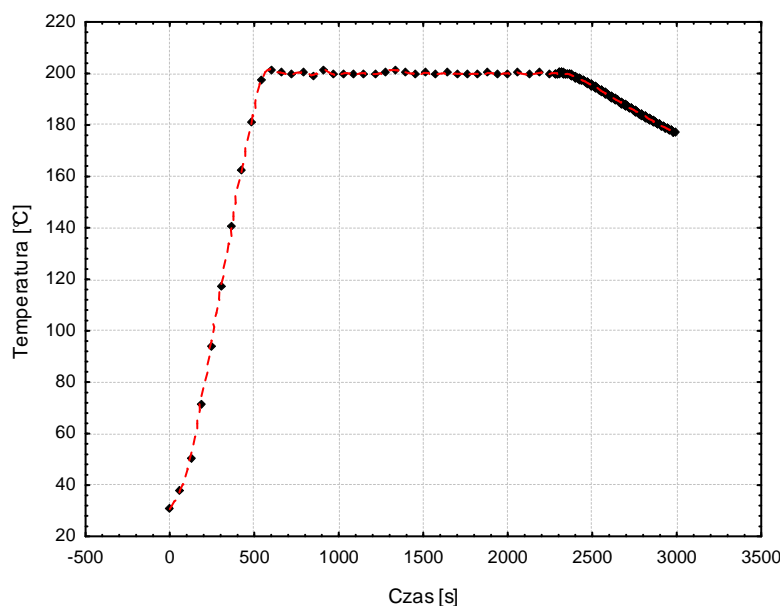
Próbki z drewna impregnowano roztworem 400ppm wody i nanocząstek SiO_2 (Sigma-Aldrich). Do wykonania roztworu wykorzystano mieszalnik elektromagnetyczny. Następnie roztwór przelano z naczynia mieszalnika do głębokiego pojemnika i zanurzono próbki w roztworze, po czym umieszczono je w komorze próżniowej. Impregnację przeprowadzono metodą próżniową, czas przetrzymania w komorze ustalono na 15 min, zastosowano podciśnienie 0,7 atm. Następnie próbki suszono w temperaturze otoczenia.

Badanie wytrzymałości prowadzono na maszynie wytrzymałościowej Zwick/Roell Z100, zastosowano głowicę 10kN. Prędkość badania ustalono na 10mm/min. Badanie prowadzono metodą trójpunktowego zginania. Układ w badaniu oraz rozmiar próbki o przekroju kwadratowym przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Trójpunktowe zginanie próbek z drewna litego

Obróbkę termiczną próbek przeprowadzono w piecu z programatorem i sterownikiem temperatur w oparciu o przyjęty rozkład „temperatura - czas” (rys.2). W badaniach przyjęto temperaturę niższą od temperatury zapłonu drewna (200°C), czas ekspozycji próbek ustalono na 30min.



Rys. 2. Rozkład temperatura – czas

Badania mikroskopowe wykonano wykorzystując w tym celu skaningowy mikroskop elektronowy (Phenom Pro G2).

2. WYNIKI BADAŃ

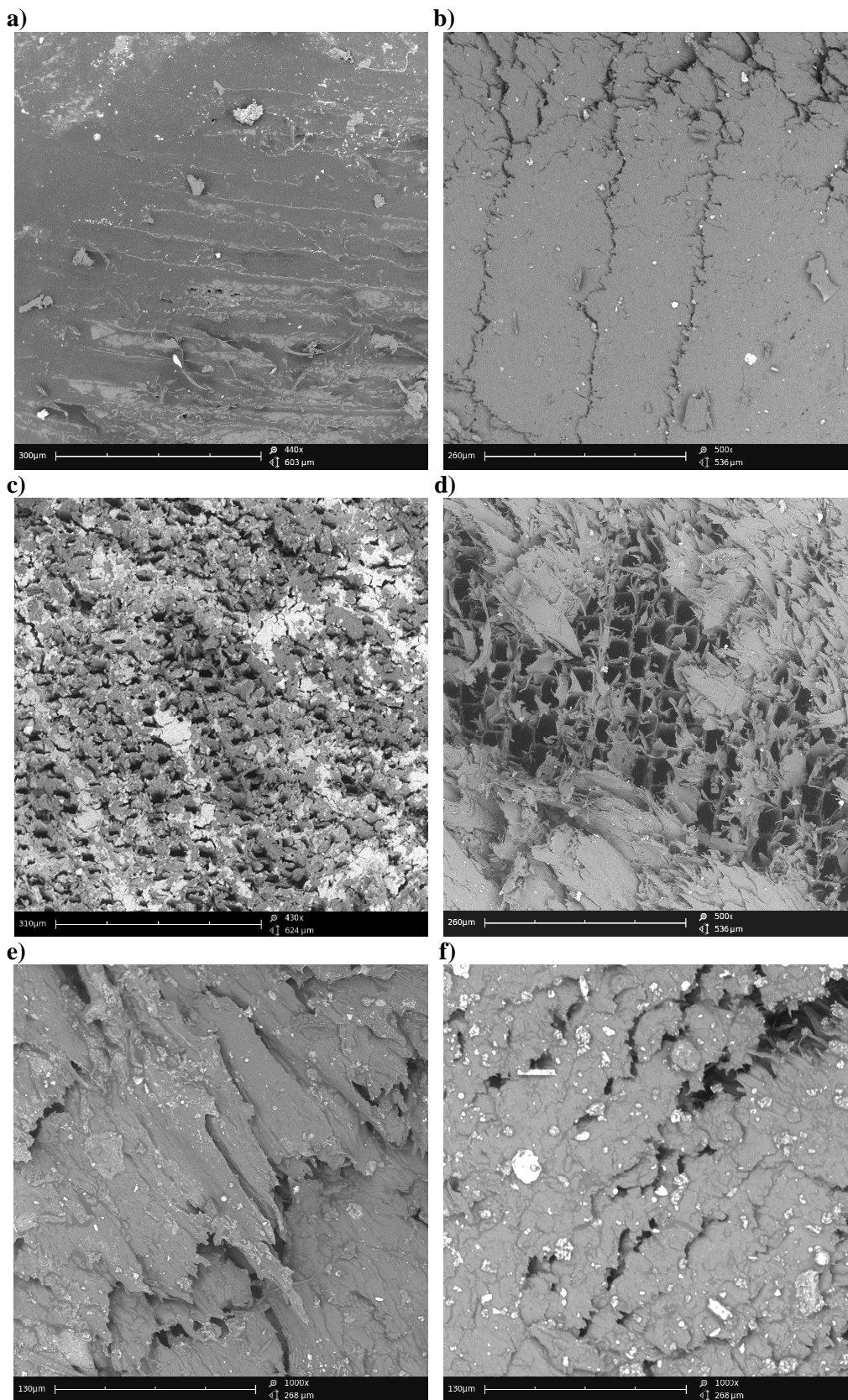
W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań wytrzymałości na zginanie, sprężystości i odkształcenia drewna świerkowego. Podano następujące parametry: N – liczność próby, E_B – moduł sprężystości wyznaczony w próbie zginania, σ_B – wytrzymałość na zginanie, f_{Fmax} – ugięcie próbki przy sile maksymalnej (przy σ_B), $\sigma_{Bzniszcz.}$ – naprężenie niszczące, $f_{zniszcz.}$ – ugięcie próbki przy sile niszczącej (przy $\sigma_{Bzniszcz.}$). Dla każdego z parametrów podano wartość średnią, odchylenie standardowe oraz procentowo wartość współczynnika zmienności.

Na rysunku 3 przedstawiono obrazy uzyskane za pomocą mikroskopu SEM. Na rysunku 3a przedstawiono powierzchnię drewna świerkowego poddanego impregnacji roztworem zawierającym SiO_2 . Na obrazie 3b widoczna jest powierzchnia drewna nie poddanego impregnacji. Na obrazach 3c i 3d przedstawiono strukturę porowatą drewna. Na obrazie 3c widoczna jest warstwa impregnatu na powierzchni próbki, natomiast na obrazie 3d przedstawiono powierzchnię niezabezpieczoną impregnatem. Na rysunkach 3e i 3f przedstawiono powierzchnię drewna po ekspozycji w podwyższonych temperaturach. Na obrazie 3e widoczna jest warstwa zwęglona drewna impregnowanego, natomiast na rysunku 3f widoczna jest zwęglona powierzchnia drewna nieimpregnowanego.

Tab. 1. Statystyki opisowe wyników badań wytrzymałościowych drewna świerkowego

Statystyka (N = 7)	E_B [MPa]	σ_B [MPa]	f_{Fmax} [mm]	$\sigma_{Bzniszcz.}$ [MPa]	$f_{zniszcz.}$ [mm]	$t_{badania}$ [s]
Drewno nieimpregnowane						
\bar{x}	8040	68	8,6	48	12,2	73,60
s	980	4	1,1	3	4,1	24,71
v	12,19	6,45	13,11	6,58	33,76	33,57
Drewno nieimpregnowane (30 min. ekspozycji w temperaturze 200°C)						
\bar{x}	8360	73	7,9	50	9,7	58,88
s	1520	8	1,5	6	1,9	11,28
v	18,17	11,60	18,87	11,72	19,29	19,15
Drewno impregnowane						
\bar{x}	7970	66	8,7	46	12,7	76,76
s	1570	10	1,3	7	3,7	22,30
v	19,70	15,87	15,55	15,98	29,21	29,05
Drewno impregnowane (30 min. ekspozycji w temperaturze 200°C)						
\bar{x}	7950	62	5,9	43	7,2	43,37
s	1420	16	2,0	11	3,6	21,39
v	17,84	26,05	34,32	26,62	49,80	49,32
\bar{x} - wartość średnia, s - odchylenie standardowe, v - współczynnik zmienności [%]						

Uzyskane wyniki badań wskazują na różnicę średnich wartości wytrzymałości na zginanie, na niekorzyść drewna poddanego impregnacji. Jednakże wysoki rozrzut statystyczny powodowany prawdopodobnie niewielką licznnością próbek użytych w badaniach wstępnych nie pozwala na jednoznaczne wnioskowanie w tym zakresie. Podobnie jest w przypadku uzyskanych wartości modułów sprężystości. Obserwowano nagły charakter zniszczenia próbek poddanych oddziaływaniu podwyższonych temperatur, faza dołamywania była znacznie krótsza. Co jest z tym związane czas potrzebny do zniszczenia próbek ogrzanych był krótszy. Obserwacje nie przedstawionych w artykule charakterystyk naprężenie-odkształcenie pozwalają na stwierdzenie, że praca potrzebna do zniszczenia próbek ogrzanych była niższa, a najniższa dla próbek impregnowanych. Co częściowo potwierdzają przedstawione w tabeli 1 wartości ugięcia próbek ogrzanych w momencie zniszczenia. Modyfikacja własności drewna, będąca wynikiem oddziaływania stosunkowo niewielkich temperatur przez okres ok. 30min, jest jednoznaczna.



Rys. 3. Obrazy SEM powierzchni próbek drewna świerkowego: powierzchnia drewna impregnowanego (a) i nieimpregnowanego (b), struktura porowata drewna impregnowanego (c) i nieimpregnowanego (d), zwęglona powierzchnia drewna impregnowanego (e) i nieimpregnowanego (f)

PODSUMOWANIE

Obecnie w infrastrukturze transportu wykorzystuje się drewno np. w konstrukcji mostów i kładek dla pieszych, w konstrukcji obiektów małej architektury transportu (przystanków autobusowych, kolejowych i tramwajów wodnych, przechowalni rowerowych, drogowych barier ochronnych). W Polsce najbardziej znanym i oryginalnym przykładem obiektu infrastruktury transportu wykonanym z drewna jest kładka dla pieszych w Sromowcach Niżnych. Kładka dla pieszych usytuowana jest nad Dunajcem. Obiekt zaprojektowano jako konstrukcję podwieszoną. Konstrukcję obiektu stanowią dwa dźwigary z drewna klejonego stężone stalowymi półramkami i układem stężeń wiatrowych. Dźwigary pomostu zaprojektowano z drewna świerkowego o wysokości 1,60 m i szerokości 0,30 m. Całkowita długość obiektu wraz z rampami gruntowymi wynosi 149,95 m [4]. Mniejsze obiekty tego typu znajdują się m.in. w Gorzowie Wielkopolskim.

Odnosząc się do parametrów wyżej opisanej konstrukcji, uzyskanych wyników badań oraz konieczności zapewnienia bezpieczeństwa infrastruktur transportu, ważną wydaje się ocenę zachowania się drewna konstrukcyjnego w sytuacji zagrożenia jaką jest pożar. Konieczne wydają się oceny właściwości palnych, niezawodności i wytrzymałości residualnej w warunkach pożarowych oraz możliwości eksploatacji w warunkach popożarowych. Badania w szerszym zakresie mogą posłużyć doborowi najodpowiedniejszych środków gaśniczych oraz środków ochronnych koniecznych dla zachowania wystarczającego zasobu walorów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych, także w okresie popożarowym. Powinno to przysłużyć się zwiększeniu trwałości i stosowaniu na większą skalę drewna w infrastrukturze transportu. Nie bez znaczenia dla przyszłych badań jest miejsce i sposób eksploatacji konstrukcji drewnianych, stanowiących infrastrukturę transportu. Zazwyczaj w strefie eksploatacji znajduje się dużo ludzi oraz poruszających się środków transportu. W takiej sytuacji nawet niewielkie miejscowe uszkodzenie powstałe w wyniku pożaru, powodujące np. odłamanie niewielkiego fragmentu ekranu akustycznego lub kładki dla pieszych może stanowić duże zagrożenie. Ponadto, oddziaływanie podwyższonych temperatur, powstające np. w wyniku działania wandal lub pożaru środków transportu w niedalekiej odległości od konstrukcji drewnianej, powoduje trudności w określeniu stanu konstrukcji, w tym wytrzymałości residualnej. Jedynie w przypadku ekranów akustycznych, w tzw. wymaganiach pozaakustycznych przewiduje się konieczność badań w tym zakresie. Jak stwierdzono w publikacji [5], wymagania zawarte w polskich normach oraz przedstawione tam zasady obliczeń nośności i stateczności konstrukcji drewnianych w warunkach pożarowych odnoszą się jedynie do konstrukcji zamkniętych. W infrastrukturze transportu jest niewiele tego typu konstrukcji drewnianych.

PRELIMINARY STUDIES OF INFLUENCE OF INCREASED TEMPERATURES ON THE STRENGTH OF THE TIMBER TREATED WITH FIRE RETARDANT CONTAINING SiO₂

Abstract

Previously applied wood and wood-based materials have had many drawbacks limiting their use in transport infrastructure. A problem was due to such limitations as the maximum cross-sections of the elements, ability to manufacture large-span elements, durability of the surface, as well as

flammability. Nowadays, the wood is used more often in the transport infrastructure. It is applied among the others to finish the means of transportation and building infrastructure, construction of the noise barriers, bus stops etc. In this paper the results of strength tests for the spruce timber are presented. The studied samples were treated with fire retardant containing silica. The strength studies were carried out after high-temperature exposure of the samples and for the samples not treated thermally. The studies have not revealed any significant influence of the wood treatment or increased temperatures on the strength of the spruce timber. However, the impact of increased temperatures on characteristics of the samples destruction has been demonstrated.

BIBLIOGRAFIA

1. M. Oszust, D. Pieniak, P. Ogrodnik, L. Dec. *Badanie spadku wytrzymałości drewna świerkowego modyfikowanego termicznie w warunkach temperatur pożarowych*. Drewno. Prace naukowe. Doniesienia. Komunikaty 2011, nr 185.
2. M. Kosiorek. *Budynki o drewnianej konstrukcji szkieletowej a bezpieczeństwo pożarowe*. Lekkie budownictwo szkieletowe 1997, nr 4-5.
3. M. Nagrodzka, D. Małozieć: *Impregnacja drewna środkami ogniochronnymi*. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 2011, nr 3.
4. Biliszczuk J, Hawryszków P, Maury A, Sułkowski M, Węgrzyniak M. *Kładka dla pieszych w Sromowcach Niżnych. Rekordowa konstrukcja mostowa z drewna klejonego*. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne 2007, nr 11.
5. Zobel H., Thakaa A.: *Mosty drewniane*. WKiŁ, Warszawa 2006.

Autorzy:

dr inż. Paweł OGRODNIK – Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie

dr inż. Daniel PIENIAK – Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie

dr inż. Waldemar JASKÓŁOWSKI – Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie

dr inż. Leszek GIL – Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie

dr inż. Jacek SZULEJ – Politechnika Lubelska