

ODPORNOŚĆ OGNIOWA DREWNA KLEJONEGO

GLULAM FIRE RESISTANCE

Nadia Iarova

Politechnika Wrocławska
Wydział Architektury
ul. B. Prusa 53/55
50-377 Wrocław
e-mail: nadyayarovaya@gmail.com

Abstract: Structural glued laminated timber (glulam) is a modern building material, which is very popular in the modern construction industry because of its durability, beautiful appearance, economic and ecological parameters, and the most important, of its fire resistance, which can be designed according to the calculation methods of fire resistance for wood.

One of the main aspects in the construction industry is to ensure the safety of a building. Fire safety was designed for buildings in general and for building materials which were used for the construction. One of the most important characteristics of glulam is fire resistance - its ability to meet the requirements of fire protection in fire conditions. Fire resistance is a period of time in which the structural member can save its power and integrity under influence of fire.

Glued laminated timber is primarily used as supporting material and acts as a main structural element. Once a wood catches fire it typically develops char, which insulates the wood, slowly extinguishes fire and protects the core of the wood preserving properties of the structural material, which is a significant advantage compared to other construction materials.

Keywords: glulam, charring, fire resistance, fire protection.

Wprowadzenie

Jednym z głównych aspektów w projektowaniu jest zapewnienie bezpieczeństwa budynku. Jest to warunek, którego spełnienie jest jednym z najważniejszych zadań projektanta. Dlatego projektując architekci i inżynierowie weryfikują cały czas swoje idee, porównując je z dostępnymi rozwiązaniami materiałowymi oraz konstrukcyjnymi.

Rozpatrując materiał długotrwały w przypadku narażenia na działanie pożaru, drewno jest ostatnią rzeczą, o której ludzie uważają. Jednak drewno jako materiał budowlany nie zmienia istotnie swoje właściwości mechaniczne podczas spalania, a konstrukcje z drewna klejonego są ognioodporne i mogą uzyskać nawet większą odporność pożarową niż elementy stalowe [1].

Materiał i metody

Projektowanie bezpieczeństwa pożarowego to jest złożony i wieloaspektowy proces, którego głównym celem jest zminimalizowanie albo opóźnienie rozprzestrzeniania ognia, dla umożliwienia bezpiecznej ewakuacji ludzi przez wystarczający okres czasu [2].

Nie istnieją budynki całkowicie ognioodporne, ponieważ większość pożarów się rozpoczyna się w materiałach składowanych we wnętrzu budynków, zwłaszcza w przypadku materiałów łatwopalnych, które stanowią

największe potencjalne zagrożenie pożarowe dla ludzi przebywających w budynku [3].

Elementy budynku, odpowiednio do klasy odporności pożarowej, powinny spełniać wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego, co oznacza zapewnienie w określonym czasie lub przez cały okres trwania pożaru nośności konstrukcji [4].

Odporność ogniowa to zdolność elementu budynku, lub jego konstrukcji do spełnienia określonych wymagań w warunkach odwzorowujących przebieg pożaru. Jednostką miary klasy odporności ogniowej jest czas podawany w minutach, który charakteryzuje odporność ogniową poszczególnych elementów budynku poprzez dwa lub trzy kryteria: R - nośność ogniową, E - szczelność ogniową, I - izolacyjność ogniową [5]. Uzyskane klasy odporności ogniowej REI 15, REI 20, REI 30, REI 45 i REI 60, oznaczają czas, w jakim w trakcie pożaru element budynku, lub jego konstrukcji spełniają swoje funkcje i określone wymagania badania odporności ogniowej. Wymagana odporność ogniowa zależy od obiektu w zależności od klasy odporności pożarowej [4]. Normą Europejską dla obliczenia nośności ogniowej elementów i konstrukcji drewnianych (rys. 1) służy Eurokod 5, który wchodzi w skład Eurokodów i dotyczy projektowania metodą stanów granicznych i wykonywania obiektów budowlanych z drewna i materiałów drewnopochodnych [6].



Rys. 1. Struktura powłoki siatki dachu. Centrum handlowe Las Arenas, Barcelona. Struktura powłoki siatki dachu osiąga 60 min. odporności ogniowej według Eurokodu [7].

Metody produkcji

Drewno klejone to podstawowy materiał budowlany, który powstaje poprzez sklejenie kilku warstw cienkich desek z drewna wysokiej jakości. Deski są sortowane i badane wytrzymałościowo i wilgotnościowo, aby spełniały wymagania normy, a ich wadliwe części (sęki, pęknięcia, uszkodzenia) są usuwane. Element konstrukcyjny z drewna klejonego (rys. 2) powstaje za pomocą specjalnej metody klejenia warstw desek (nie mniej niż czterech) pod działaniem ciśnienia i jest często w trakcie klejenia formowane w krzywizny. Materiał ten daje wiele możliwości uzyskania dużych rozpiętości przy minimalnej liczbie elementów podporowych i jest

stosowany w konstrukcjach budynków przemysłowych, magazynów, obiektów użyteczności publicznej [8].

Do wytwarzania drewna klejonego są najczęściej stosuje się drewno świerkowe i sosnowe. Świerk ma dobre właściwości wytrzymałościowe oraz wydziela i przyjmuje wilgoć stosunkowo wolno i pracuje umiarkowanie przy zmianach wilgotności powietrza [8]. Natomiast sosna jest miękka i łatwa w obróbce, ma dobrą wytrzymałość pod wpływem czynników mechanicznych, jednak przy klejeniu wymaga się, aby deski po wysuszeniu, w celu zapewnienia jednorodnej wilgotności, stały w magazynie drewna suszonego przez dłuższy okres czasu niż świerk [9].



Rys. 2. Wytwarzanie elementu konstrukcyjnego z drewna klejonego [10].

Do produkcji drewna klejonego stosują się kleje zapewniające pełną integralność w warunkach zarówno suchych i wilgotnych, jak i w sytuacji pożaru. Najczęściej używano klej melaminowy, a w niektórych specyficznych przypadkach klej rezorcynowy [8].

Klej melaminowy produkowany jest na bazie wody, jest niepalny, posiada niski zapach, wysycha łatwo i czyści się wodą, jest odporny na wilgoć, gnicie i ogień. Utwardzony klej nie wydziela żadnych szkodliwych substancji podczas pożaru [11].

Drewno jako surowiec jest naturalnym materiałem budowlanym i ma stosunkowo niewielkie wymagania technologiczne podczas obróbki. Obecnie drewno jest bardzo szeroko stosowane jako materiał konstrukcyjny. Charakteryzuje się ono małym ciężarem własnym, jest lekkie i wytrzymałe, co ma szczególne znaczenie w przykryciach dużych rozpiętości.

Proces spalania drewna

Łatwopalność drewna jest stereotypem, który nie potwierdza się w przypadku konstrukcji z drewna klejo-

nego. Podczas spalania ogień rozprzestrzenia się po powierzchni drewna, jednak szybkość rozprzestrzeniania ognia jest niewielka jak dla materiału palnego [2].

Proces spalania drewna jest podzielony na trzy fazy (rys. 3):

1. Faza suszenia

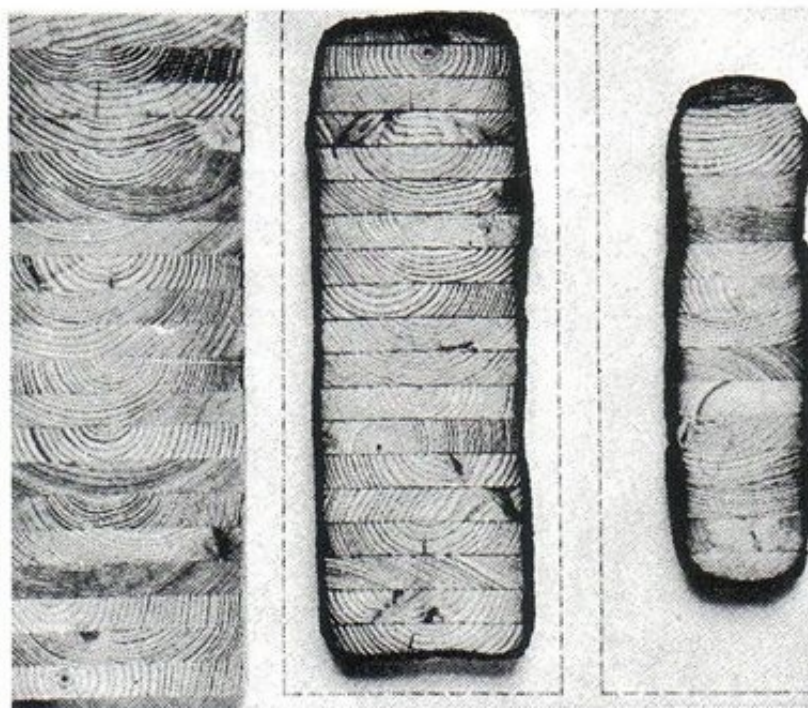
W tej fazie przy temperaturze około 100°C woda zawarta w drzewie zamienia się w parę wodną, poprzez co następuje proces suszenia drewna, którego prędkość zależy od ilości wody zawartej w drzewie. Poprzez uwolnienie wody drewno kurczy się i pęka, co przyspiesza proces. Jednak temperatura spalania jest jeszcze niska - występuje dymienie i odprowadzenie wilgoci.

2. Faza odgazowania drewna

Po fazie suszenia temperatura wzrasta ze 100°C do około 300°C. Rozpoczyna się proces odgazowania. Produkowany gaz drzewny ma zróżnicowany skład chemiczny, którego głównymi składnikami są węgiel, tlen i wodór.

3. Faza końcowa

W tej fazie po wypaleniu lotnych substancji przy temperaturze 500°C–800°C następuje spalanie węgla drzewnego. Brak dymienia [12].



Rys. 3. Belka z drewna klejonego szerokości 160 mm i wysokości 400 mm przed badaniem na działania pożaru, po 30 min. (880°C) i po 60 min. (1000°C) [13].

Drewno klejone z punktu widzenia jego odporności ogniowej jest materiałem bezpiecznym, co przeczy stereotypom o łatwopalności drewna. Świetne charakterystyki drewna pod działaniem ognia są związane z efektem zwęglenia (rys. 4). Badania, które zostały przeprowadzone w laboratoriach udowodniły, że materiał dobrze zachowuje się w warunkach pożaru i jest generalnie oceniany pozytywnie. Amerykański Instytut

Konstrukcji Drewnianych podaje, że „drewno pali się tylko przy temperaturze powyżej 249°C. Ogień wytwarza warstwę zwęgloną przy prędkości 38 mm/godz. Warstwa węgla drzewnego izoluje drewno obniżając temperaturę powierzchni do 288°C. W taki sposób rdzeń drewna pozostaje stosunkowo schłodzony i zachowuje swoją siłę, dlatego struktura zachowuje integralność i nie pęka pod działaniem ognia (rys. 5), ponieważ materiał

spala się powoli” [2]. Węgiel chroni rdzeń drewna zmniejszając dopływ powietrza, co zapobiega rozprzestrzenianiu ognia – zatem nie ma potrzeby stosowania dodatkowych zabezpieczeń przeciwpożarowych (powłok, warstw malarskich itp.) [8].

Prędkość spalania drewna wynosi 0,4-0,8 mm/min. Drewno spala się powoli i w przypadku pożaru jest bez-

pieczniejsze od niezabezpieczonych konstrukcji stalowych, które po wystawieniu na działanie ognia tracą wytrzymałość, topią się i ulegają zniszczeniu. Badania wykazały, że w ciągu 10 minut pożaru stal traci swoje właściwości strukturalne więcej niż na 50%, podczas gdy drewno klejone nadal zachowuje 80% wytrzymałości, co jest najbardziej istotną cechą [1].



Rys. 4. Elementy z drewna klejonego poddane działaniu pożaru – przekrój [1].



Rys. 5. Belka z drewna klejonego poddana działaniu pożaru – widok ogólny [1].

Metody obliczania

Skandynawska przemysłowa grupa Moelven, która powstała w 1919 roku i jest najstarszym producentem drewna klejonego na świecie, jest obecnie jednym z wiodących producentów drewna klejonego w Europie. Moelven, mając wieloletnie doświadczenie w produkcji materiałów i systemów budowlanych dla budownictwa, podkreśla przewagę drewna klejonego w

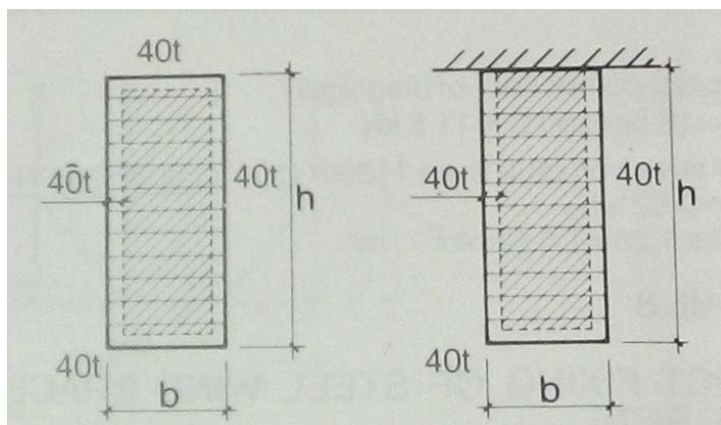
osiągnięciu ognioodporności maksymalnie do 60 minut czasu trwania i proponuje swoje metody obliczania odporności ogniowej materiału osobno dla kolumn i dla belek [14].

Belka lub słup z drewna klejonego szerokości (b) mm i wysokości (h) mm wystawiona na działanie ognia z trzech lub czterech stron może uzyskać nawet jedną godzinę odporności ogniowej. Aby zakwalifikować się do tej klasy, wymiary elementu nośnego powiększa się z

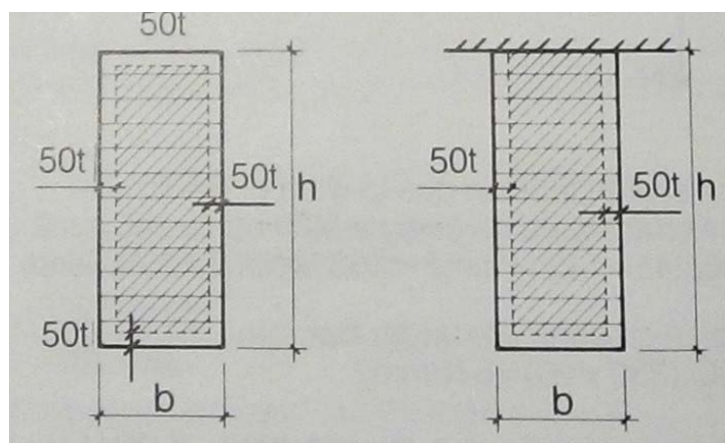
każdej strony o grubość odpowiadającą grubości, która ulegnie zwęgleniu w wymaganym czasie, wynikającym z wymaganej klasy odporności ogniowej.

Dla osiągnięcia jednej godziny odporności ogniowej, zgodnie z obliczeniami przejmujemy się nadatek (w mm): dla belek – $40t$ (rys. 6), dla kolumn – $50t$ (rys. 7), gdzie t oznacza wymagana odporność ogniową w godzinach [15].

Istnieje inna metoda dla uzyskania jednogodzinnej klasy odporności ogniowej. W tej metodzie, aby zakwalifikować się do tej klasy, wewnętrzna lub centralna warstwa elementu nośnego, na przykład belki, jest usuwana w czasie produkcji i zastępowana przez dodanie dodatkowej warstwy do dolnej warstwy belki (rys. 8).



Rys. 6. Przekrój belki (mm) pozostały po (t) godzinach pożaru [15].

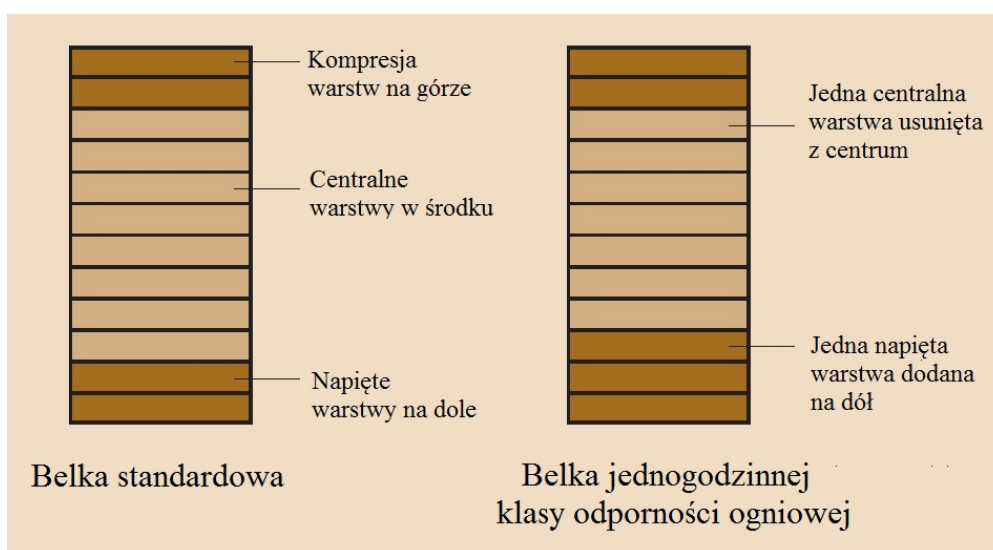


Rys. 7. Przekrój słupa (mm) pozostały po (t) godzinach pożaru [15].

Konstrukcja z drewna klejonego może być zaprojektowana w taki sposób, aby pozostał wystarczający przekrój poprzeczny na działanie obciążenia obliczeniowego w określonym czasie przy narażeniu na ogień. Umożliwia to programowanie odporności pożarowej konstrukcji, poprzez stosowanie określonego nadatku materiału. W efekcie konstrukcje z drewna klejonego mogą uzyskać większą i – co ważne - kontrolowaną odporność pożarową niż elementy stalowe [16].

Na podstawie broszury firmy LILLEHEDEN Polska Sp. z o.o. można stwierdzić, że: „drewno klejone można doprowadzić do stanu, w którym będzie ono spełniało wymagania dla materiałów konstrukcyjnych nie rozprzestrzeniających ognia (NRO). Klasyfikacja ogniowa wykonana w ITB na próbkach drewna LILLEHEDEN, wykazała, że elementy o wymiarach 120/120 mm speł-

niają wymagania NRO bez dodatkowych zabezpieczeń. Elementy o mniejszym przekroju muszą być uodporniane za pomocą impregnacji. Konstrukcyjne elementy drewniane wykonuje się zazwyczaj w klasach odporności ogniowej od R15 (15 min) do R90 (90 min) bez dodatkowych zabezpieczeń czy powłok malarskich, jakie konieczne są dla uzyskania tej klasy w wypadku elementów stalowych. Wymaganą odporność ogniową ustala się zawsze dla określonego obiektu, w zależności od klasy odporności pożarowej. Uzyskana klasa odporności zależy od stosunku szerokości do wysokości przekroju b/h , współczynnika wykorzystania nośności a (lub inaczej od zapasu nośności) oraz od tego, czy element jest narażony na działanie ognia z 3 czy z 4 stron. Klasę odporności ogniowej ustala się oddzielnie dla elementów zginanych, ściskanych, oraz dla stref ścinanych belek [8]”.



Rys. 8. Schemat adaptacji standardowej belki na belkę o jednogodzinnej klasie odporności ogniowej [3].

Podsumowanie

Drewno klejone, jako nowoczesny materiał budowlany coraz częściej jest używane do budowy obiektów wymagających dużych rozpiętości wolnych od podpór, zachowuje tradycyjne piękno drewna, jest długowieczne, łatwym w użyciu i w porównaniu ze stalą i betonem, ma mniejszy ciężar własny przy dużej nośności. Drewno klejone można stosować prawie do każdego rodzaju konstrukcji. Często jest ono stosowane przy projektowaniu takich obiektów jak hale sportowe, obiekty rekreacyjne i edukacyjne, kryte baseny, audytoria i centra handlowe, a nawet stadiony i mosty.

Drewno klejone ma dużą wytrzymałość konstrukcyjną i może być stosowane w najbardziej uciążliwych warunkach środowiskowych.

Materiał ma dobre charakterystyki związane z wysoką trwałością w środowisku o dużej wilgotności, odpornością na czynniki chemiczne i przede wszystkim odpornością ogniową, co czyni go odpowiednim do wykonywania obiektów skalsyfikowanych w kategorii zagrożenia ludzi [17].

Warto zaznaczyć, że wybór materiału konstrukcyjnego także zależy od jego uniwersalności i elastyczności zastosowań, ekologii i ceny.

Dlatego warto nadal badać materiał, rozwijać technologie jego wytwarzania, aby bardziej udostępnić go na rynku budowlanym, co przyspieszy rozwój budownictwa z drewna i regenerację lasów.

Literatura

1. Rosboro, <http://www.rosboro.com/index.php?action=technical.fireresistance> (dostęp 10.03.2016).
2. The star online. A wooden wonder in glulam, <http://www.thestar.com.my/story/?file=%2F2011%2F3%2F13%2F7836579> (dostęp: 10.03.2016).
3. American institute of timber construction. Superior fire resistance, <http://www.aitec-glulam.org/shopcart/Pdf/superior%20fire%20resistance.pdf> (dostęp 10.03.2016).
4. ROCKWOOL. Odporność ogniowa konstrukcji budynku, <http://www.rockwool.pl/welna-mineralna/zabezpieczenia-przeciwpozarowe/ogien/odpornosc-ogniowa> (dostęp 10.03.2016).
5. Odporność ogniowa, https://pl.wikipedia.org/wiki/Odporno%C5%9B%C4%87_ogniowa (dostęp 10.03.2016).
6. Eurokod 5, https://pl.wikipedia.org/wiki/Eurokod_5 (dostęp 10.03.2016).
7. Misfits architecture. The Things Architects Do #7: Brand Recognition, <http://misfitsarchitecture.com/tag/rogers-stirk-harbour> (dostęp 10.03.2016).
8. Wielkowymiarowe konstrukcje z drewna klejonego <http://docplayer.pl/3921297-Wielkowymiarowe-konstrukcje-z-drewna-klejonego.html> (dostęp 10.03.2016).
9. Drewno (technika), [https://pl.wikipedia.org/wiki/Drewno_\(technika\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Drewno_(technika)) (dostęp 10.03.2016).
10. http://sbwood.ru/images/stati/kleeniy_brus/proisvodstvo_kleenogo_brusa2.jpg (dostęp 10.03.2016).
11. Dynea. Phenol-resorcinol adhesives, <http://www.dynea.com/products/product-technology/phenol-resorcinol> (dostęp 10.03.2016).

12. Kominki. Prawidłowe spalanie drewna, <http://www.kominki.biz/jaki-kominek/prawidlowe-spalanie-drewna> (dostęp 10.03.2016).
13. GLULAM-PRO. Bezpieczeństwo w razie pożaru, <http://glulam.pl/bezpieczenstwo-w-razie-pozaru> (dostęp 10.03.2016).
14. MOELVEN, <https://www.moelven.com> (dostęp 10.03.2016).
15. Katalog firmy Moelven, Norwegia.
16. American Wood Council, <http://www.awc.org/codes-standards/publications/tr10> (dostęp 10.03.2016).
17. Lilleheden, <http://www.lilleheden.dk/uk/glulam.asp> (dostęp: 10.03.2016).