

Wybrane właściwości ultracienkich płyt HDF

Selected properties of ultra-thin HDF boards

Abstract

The aim of this work was to investigate the selected mechanical and physical properties of ultra – thin (below 2 mm thickness) HDF panels, produced in laboratory conditions. The panels were produced with 1, 1.5 and 2 mm thickness, as well as with 860 kg/m³ and 900 kg/m³ assumed density. It was found that the tested panels density increase results in improved bending properties, higher internal bond and reduced thickness swelling. The increased density gradient on the panels' increased thickness was also observed.

Key words: *fibreboard, MDF, HDF, strength, density, thickness*

Wstęp

Tam, gdzie jeszcze do niedawna stosowało się drewno lite, coraz częściej wykorzystuje się materiały drewnopochodne. Pozwala to na lepsze, bardziej racjonalne, kompleksowe wykorzystanie drewna o różnych średnicach i jakości, przy ograniczeniu powstającej ilości odpadów. Jedną z najważniejszych cech materiałów drewnopochodnych jest fakt, iż pochodzą one z materiału odnawialnego i naturalnego – drewna, pozyskiwanego w lasach w różnej formie, zarówno jako cennej dłużyca, jak i gorszej jakości tzw. „papierówki”, drobnicy tyczkowej, a nawet odpadów z przemysłu drzewnego. W dzisiejszych czasach w Polsce oraz w Europie drewno jest materiałem deficytowym. Prezydent EPF (*European Panel Federation*) już w 2015 roku prognozował, że w latach 2016-2017 branża drzewna będzie dotknięta kryzysem spowodowanym niedoborem surowca drzewnego, który coraz częściej jest wykorzystywany w energetyce (www.europanel.org). Natomiast w 2020 roku ilość drewna wykorzystywanego w energetyce przewyższy wykorzystanie tego surowca w przemyśle drzewnym (www.wbpionline.com). Prognoza ta jest jedną z przyczyn kierunku rozwoju tworzyw drewnopochodnych w stronę materiałów o obniżonej gęstości, a co za tym idzie – lżejszych, jednocześnie uszlachetnianych i modyfikowanych, co ma na celu polepszenie właściwości wytrzymałościowych.

Ogromnym i niezaprzeczalnym atutem drewna są jego różnorodne właściwości techniczne oraz stosunkowo duża trwałość i łatwość obróbki skrawaniem, czyniąc go również niezastąpionym materiałem w meblarstwie i stolarce budowlanej. Cechy te sprawiają, że wciąż

* Grzegorz Kowaluk, Katedra Technologii i Przedsiębiorczości w Przemysle Drzewnym, Wydział Technologii Drewna, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, e-mail: grzegorz_kowaluk@sggw.pl
Eduardo Robles, Chemical & Environmental Engineering Department, University of the Basque Country UPV/EHU, Donostia – San Sebastian, Hiszpania

wzrasta zapotrzebowanie na drewno lite i tym samym na wszystkie jego pochodne m.in. sklejkę, płyty wiórowe oraz pilśniowe. Przemysł płyt drewnopochodnych stale się rozwija, a rosnące zapotrzebowanie na produkty tego przemysłu wymusiło na producentach wprowadzenie nowoczesnych technologii. Produkty drewnopochodne świetnie sprawdzają się w wielu gałęziach gospodarki (Szczuka i in. 1995). Spowodowało to, że współcześnie na świecie produkowanych jest wiele rodzajów, typów i odmian płyt z cząstek lignocelulozowych. Płyty pilśniowe suchoformowane podzielono m.in. ze względu na gęstość. Płyty pilśniowe mogą być produkowane z włókien drzewnych, łączonych ze sobą pod ciśnieniem w podwyższonej temperaturze, przy zastosowaniu klejów syntetycznych. Włókna podczas formowania ułożone są w różny, nieregularny sposób. Różnokierunkowe ułożenie włókien zapewnia płycie równomierną wytrzymałość na całym jej przekroju, niezależnie od kierunku działania obciążenia w płaszczyźnie płyty. Obecne sposoby wytwarzania tworzyw drewnopochodnych z materiałów włóknistych dają możliwość wytwarzania płyt o kształtowych (niepłaskich) powierzchniach. Dodatkowo dla polepszenia efektu wizualnego tworzywa te mogą być okleinowane lub melaminowane. W maju 2015 opublikowano przez WBPI (*Wood Based Panels International*) raport informujący, iż zainstalowane moce produkcyjne płyt MDF na całym świecie wynoszą 94 mln m³/rok (www.wbpionline.com). MDF jest drugim rodzajem najczęściej produkowanej płyty drewnopochodnej, po płycie wiórowej, pod względem wielkości światowej produkcji. Możliwości produkcyjne płyt MDF w Europie w 2013 roku wynosiły 14,5 mln m³, natomiast w rzeczywistości wyprodukowano 11,2 mln m³, natomiast w 2014 roku wyprodukowano w Europie 11,5 mln m³ płyt (www.europanel.org). Warto dodać, że obroty przemysłu drzewnego w 2012 roku wyniosły 206 bln euro, z czego 40% stanowiła produkcja wyrobów z drewna, w tym znaczną część stanowił przemysł płyt drewnopochodnych. W 2014 roku w Polsce wyprodukowano 3,1 mln m³ płyt MDF, co stanowiło o 8,9% więcej niż w roku 2013, gdy produkcja wyniosła 2,8 mln m³ (Hikiert 2015). Istotnym problemem, jaki powstał, jest recykling użytkowanych płyt MDF (Roffael i in. 2010). Powstają projekty umożliwiające recykling płyt włóknistych, tj. Fibresolve™ i MATIERES (www.wbpionline.com).

W Polsce płyty pilśniowe, do których produkcji użyto tzw. technologii „suchą” (UL-MDF, MDF, HDF), zaczęto produkować na początku lat dziewięćdziesiątych XX. wieku. Jednak dopiero w przeciągu kilku ostatnich lat tworzywa te są coraz częściej stosowanymi płytami drewnopochodnymi. Zapotrzebowanie pociągnęło za sobą rozwój przemysłu produkującego owe płyty. Fabryki posiadają nowoczesny sprzęt, zautomatyzowane linie technologiczne, obrabiarki i urządzenia służące do nadzorowania, pomiaru i produkcji, umożliwiające coraz szybsze wytwarzanie oraz redukcję liczby powstających wad wyrobów, co w znacznym stopniu usprawniło produkcję oraz zmniejszyło czasy przestoju, nierzadko spowodowane czynnikami ludzkimi. W Polsce usytuowana jest najnowocześniejsza na świecie, bardzo wydajna i ekologiczna, spełniająca najbardziej rygorystyczne normy emisyjne, fabryka pro-

dukująca ultracienkie płyty HDF (UT-HDF) o grubości <2 mm, o możliwości produkcyjnej ponad 250 tys. m³/rok. Fabryka została uruchomiona w 2011 r. (www.dieffenbacher.de).

Płyty HDF są płytami o gęstości powyżej 800 kg/m³, przy czym w polskich fabrykach najczęściej produkuje się płyty tego typu o gęstości ok. 860 kg/m³ (Oniśko 2008). Płyty HDF stosuje się głównie w branży budowlanej i wyposażenia wnętrz (45%), używane są do produkcji paneli podłogowych, gdzie cenione są za wytrzymałość na zginanie, gładkość powierzchni, zdolność utrzymywania łączników oraz podwyższoną wodoodporność (www.kronopol.pl). W branży meblarskiej (25%) płyt tych używa się jako materiału na tylnie ścianki mebli szkieletowych, tapicerowanych oraz elementów szuflad, a także do produkcji płyty komórkowej jako jej warstwy zewnętrzne, zaś płytę taką przeznacza się następnie do okleinowania lub lakierowania, gdzie niezbędna jest odpowiednia jakość i gładkość powierzchni (www.swedspan.pl). Produkt w rodzaju HDF znajduje szerokie zastosowanie również wśród producentów drzwi, gdzie stosowany jest jako zewnętrzne okładziny drzwiowe do dalszego uszlachetniania (www.invado.pl), w budownictwie (11%) do kompleksowej zabudowy wnętrz mieszkalnych, zwłaszcza w miejscach, gdzie bardzo ważna jest izolacja akustyczna (www.mdb.kronopol.pl). Płyty HDF z powodzeniem wykorzystywane są również w przemyśle opakowaniowym, do produkcji opakowań spełniających określone wymagania fizykomechaniczne (www.kronospan.pl).

Całkowity proces pozyskiwania włókien na płyty drewnopochodne MDF jest bardzo energochłonny: wszystkie procesy zużywają nawet 1520 kWh podczas pozyskiwania włókien na 1 m³ płyty, co stanowi niemal dwukrotnie wyższe zużycie energii niż wyprodukowanie 1 m³ płyt wiórowych (Feddersen 2003). Mniejsze zapotrzebowanie energii podczas procesów produkcyjnych umożliwiłoby nie tylko oszczędność finansową, ale również korzyści środowiskowe, poprzez zmniejszenie emisji CO₂ do środowiska oraz zmniejszenie zużycia biomasy, pozyskiwanej do wytworzenia energii nierzadko z drewna, które można byłoby wykorzystać jako główny składnik przy produkcji płyt drewnopochodnych. Aczkolwiek całkowite wyeliminowanie energii przy produkcji płyt jest niemożliwe, to ograniczenie zużycia w dużym stopniu umożliwiłoby producentom zmniejszenie kosztów produkcji. Czasochłonne procesy i energochłonne maszyny i urządzenia wykorzystywane do produkcji, wpływają na wysokie zużycie energii. Alternatywą mogłaby się okazać produkcja z tej samej ilości surowca większej ilości płyt, czyli z jednego m³ uzyskanie większej ilości m² płyt. Możliwe jest to m.in. poprzez obniżenie grubości oraz gęstości płyt.

Właściwości płyt MDF podane w normach ukazują, iż wraz ze spadkiem grubości płyt wielkości takie, jak spęcznienie, wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe wzrastają, natomiast wytrzymałość na zginanie maleje. Właściwości tych płyt są określone do grubości 1,8 mm (PN-EN 622-5:2010). Poniżej tej grubości właściwości nie są znane. Produkowane wcześniej urządzenia do wytwarzania płyt nie umożliwiały uzyskania tak niskich grubości. Wraz z rozwojem technologii zakłady produkcyjne zaczęły wyposażać w linie technologiczne umożliwiające produkcję płyt o grubości znacznie poniżej 1,8 mm. Produkowane są już

plyty o grubości 1,5 mm i dąży się do kolejnych obniżeń grubości, jednakże jak dotąd nie określono ani nie zbadano właściwości, jakimi mogą charakteryzować się otrzymane płyty.

Cel i zakres badań

Celem badań było wytworzenie i zbadanie wybranych właściwości ultracienkich płyt HDF.

Zakres badań obejmował:

- wytworzenie w warunkach laboratoryjnych płyt o założonych grubościach i gęstościach oraz płyt kontrolnych z materiałów i surowców stosowanych na skalę przemysłową do wytwarzania płyt pilśniowych suchoformowanych,
- zbadanie wybranych właściwości fizycznych i mechanicznych płyt zgodnie z ustandaryzowanymi metodami badań oraz porównanie otrzymanych wyników z wymaganiami odpowiednich norm.

Materiały i metodyka

Materiał badawczy

W ramach badań w warunkach laboratoryjnych wykonano płyty HDF o wymiarach 320 x 320 mm², o gęstości nominalnej 860 kg/m³ oraz 900 kg/m³ i grubości nominalnej 1,0, 1,5 oraz 2,0 mm w każdej z wymienionych gęstości. Dla każdego wariantu wykonano po 6 formatek płyt. Podstawowymi materiałami wykorzystanymi do wytworzenia wspomnianych płyt były: masa włóknista, żywica klejowa, utwardzacz oraz środek hydrofobizujący. Masa włóknista, została pozyskana w jednym z zakładów produkujących płyty HDF z drewna sosnowego S2a. Wilgotność bezwzględna pozyskanej masy włóknistej wynosiła 7%. Jako środka zaklejającego użyto żywicy melaminowo-mocznikowo-formaldehydowej (*MUF* – z *ang.* *Melamine – Urea – Formaldehyde*) o stężeniu 68% i udziale melaminy 3,5%. W celu utwardzenia żywicy MUF użyto 60%-owego roztworu wodnego siarczanu amonu (NH₄)₂SO₄. Do wytworzenia materiału badawczego zastosowano również emulsję wodną parafiny o stężeniu 50%.

Przed zaklejeniem masę włóknistą dosuszono w suszarni laboratoryjnej do wilgotności 3,5%, celem uniknięcia wprowadzania do prasy kobierca o zbyt wysokim udziale wilgoci. Zaklejenie masy włóknistej wynosiło 12%, zaś do przygotowania masy klejowej użyto 2% roztworu utwardzacza (w stosunku do suchej masy żywicy klejowej) oraz 0,5% emulsji parafinowej (w stosunku do masy zupełnie suchej masy włóknistej). Zarówno emulsję parafinową, jak i masę klejową наносzono na włókna w zaklejarce z wykorzystaniem natrysku pneumatycznego. Emulsję parafinową наносzono przed operacją zaklejania. Prasowanie zasadnicze płyt prowadzono przy faktorze prasowania 18 s/mm grubości płyty, ciśnieniu jednostkowym 2,5 MPa oraz temperaturze 171°C.

Metody badań

Badania płyt polegały na oznaczeniu grubości, gęstości, profilu gęstości, właściwości wytrzymałościowych oraz spęcznienia. Gęstość zbadano według EN 323:1999 a grubość we-

dług PN-EN 324-1:1999. Do określenia wytrzymałości na zginanie użyto metody badań z normy PN-EN 310:1994. Wartość spęczenia na grubość po 2 i 24 godzinach moczenia w wodzie zbadano według PN-EN 317:1999. Wytrzymałość na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzny płyty zbadano według PN-EN 319:1999. Do każdego z wymienionych badań użyto nie mniej niż 12 próbek z wariantu. Badania wytrzymałościowe przeprowadzono na standardowej maszynie wytrzymałościowej typu Heckert FP 10. Profil gęstości 3 próbek z wariantu zmierzono z wykorzystaniem profilomierza Da-X firmy GRECON, przy kroku próbkowania 0,02 mm. Wszystkie próbki przed badaniami poddano klimatyzowaniu w środowisku o parametrach powietrza 20°C/65% wilgotności względnej do stabilizacji masy próbek.

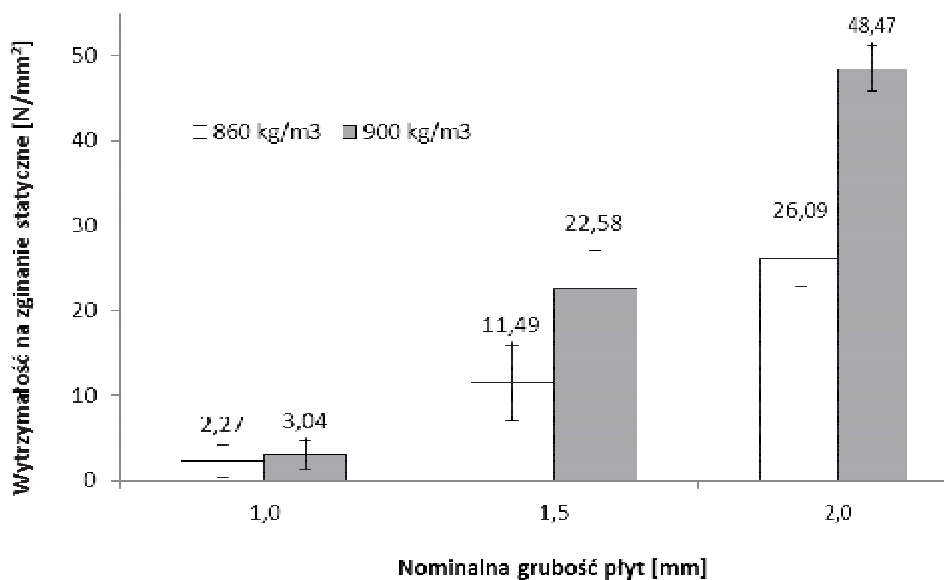
Wyniki badań i ich analiza

Wytrzymałość na zginanie statyczne

Wytrzymałość na zginanie jest najczęściej pożądaną właściwością charakteryzującą płytę, gdyż informuje o wytrzymałości przekroju na działanie zewnętrznych sił zginających. Wyniki badań wytrzymałości na zginanie statyczne zaprezentowano na ryc. 1. Z zaprezentowanych danych zauważyć można, że wraz ze wzrostem grubości płyty, znacząco wzrasta również ich wytrzymałość na zginanie. W przypadku płyt o gęstości nominalnej 860 kg/m³ największą jej wartość, wynoszącą 26,09 N/mm², uzyskano dla płyt o grubości 2 mm. Wraz ze zmniejszeniem grubości wytrzymałość płyt malała: dla płyt o grubości 1,5 mm wynosiła 11,49 N/mm², a dla grubości 1,0 mm było to już tylko 2,27 N/mm². Minimalna wartość wytrzymałości na zginanie, podana w normie PN-EN 622-5:2010, obowiązująca dla płyt o zakresie grubości nominalnej od 1,8 do 2,5 mm to >23 N/mm², bez bliżej określonej gęstości płyt. Poniżej nominalnej grubości 1,8 mm minimalne wartości wytrzymałości nie są określone w normach, przez co niemożliwe jest ich porównanie z otrzymanymi w badaniach wynikami. Z uwagi na brak normatywnych minimalnych wymagań wytrzymałości na zginanie dla płyt o grubości nominalnej mniejszej niż 1,8 mm można stwierdzić jedynie, iż warunek minimalnej wytrzymałości na zginanie został spełniony w przypadku płyt o grubości 2 mm. Umożliwia to przyjęcie uzyskanych wytrzymałości dla płyt o grubościach 1,0 oraz 1,5 mm jako rzeczywistych, ukazujących znaczny spadek wytrzymałości wraz ze zmniejszaniem się grubości. Na ryc. 1 można zauważyć również istotny wzrost wytrzymałości płyt gęstości 900 kg/m³ wraz ze wzrostem grubości, w stosunku do płyt o niższej założonej gęstości. Płyty o grubości 2 mm posiadały wytrzymałość 48,47 N/mm², co stanowi dwukrotnie wyższą wartość wytrzymałości niż podana w normie. W tych samych warunkach płyty o grubości 1,0 mm charakteryzowały się najniższą średnią wytrzymałością, wynoszącą 3,04 N/mm².

Dla obu gęstości największym współczynnikiem zmienności charakteryzowały się wyniki badań płyt o grubości 1,0 mm, co świadczy o tym, iż uzyskane pojedyncze wyniki były bardzo rozbieżne od pozostałych, przez co mogły zaniżyć lub zawyżyć średnią wartość. Badane płyty wraz ze zmniejszeniem grubości charakteryzowało znaczne ugięcie przed znisz-

czeniu. Podatność płyt na ugięcie zmniejszała się wraz ze wzrostem ich grubości. Porównując te same warianty grubości płyt różniące się gęstością można stwierdzić, iż gęstość wpływa znacząco na uzyskane właściwości wytrzymałościowe. Dla grubości 2 mm różnica pomiędzy płytami o różnych założonych gęstościach wynosiła $22,38 \text{ N/mm}^2$, co świadczy o prawie dwukrotnie zwiększonej wytrzymałości płyt o gęstości nominalnej 900 kg/m^3 . Dla płyt o grubości 1,5 mm różnica ta wynosiła $11,09 \text{ N/mm}^2$, a dla płyt o grubości 1,0 mm tylko $0,77 \text{ N/mm}^2$. Na wytrzymałość znacząco wpływa uzyskana podczas wytworzenia płyt gęstość, która pomimo mieszczącej się w granicach różnicy gęstości ($\pm 5\%$) w większości przypadków była wyższa od założonej.



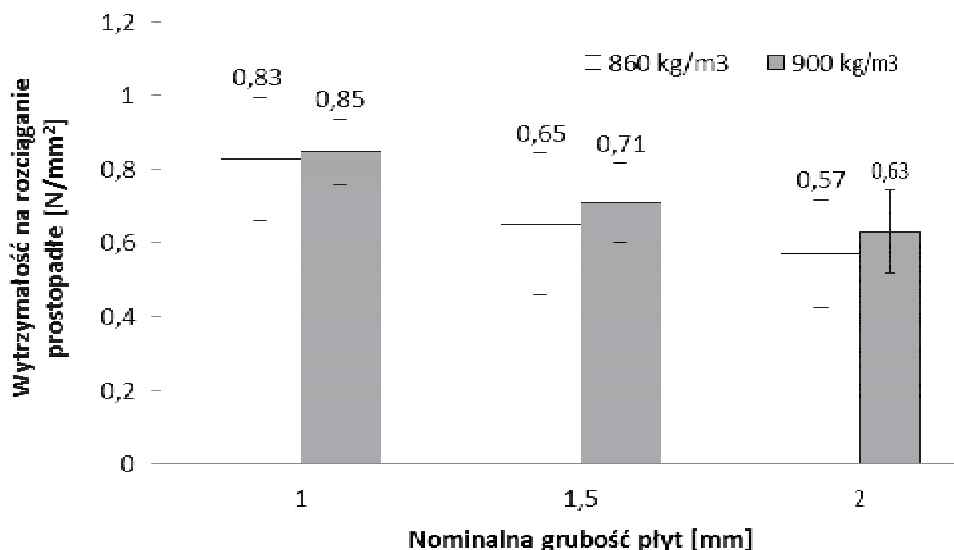
Ryc. 1. Wytrzymałość na zginanie statyczne badanych płyt HDF w zależności od ich grubości i gęstości

Wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe

Wyniki badania wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzn płyty przedstawiono na ryc.2. Jak wynika z przedstawionych danych, wytrzymałość na rozciąganie płyt zmieniała się zależnie od grubości i gęstości. Poprzez podwyższenie gęstości wykonanych płyt z 860 kg/m^3 do 900 kg/m^3 otrzymano w każdym wariantcie grubości, wytrzymałości wyższe o $0,03\text{-}0,05 \text{ N/mm}^2$. Największą różnicą wytrzymałości charakteryzowały się płyty o grubości 1,5 mm, najmniejszą płyty grubości 2,0 mm, gdzie różnica wynosiła $0,03 \text{ N/mm}^2$. Wraz ze zmniejszaniem się grubości płyt ich wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe wzrastała. Kolejno, pomiędzy grubościami 2,0-1,5-1,0 mm różnica wytrzymałości zwiększyła

się o 0,06 i 0,07 N/mm² dla gęstości 860 kg/m³, natomiast dla płyt o gęstości 900 kg/m³ wytrzymałość wzrosła o 0,08 i 0,06 N/mm².

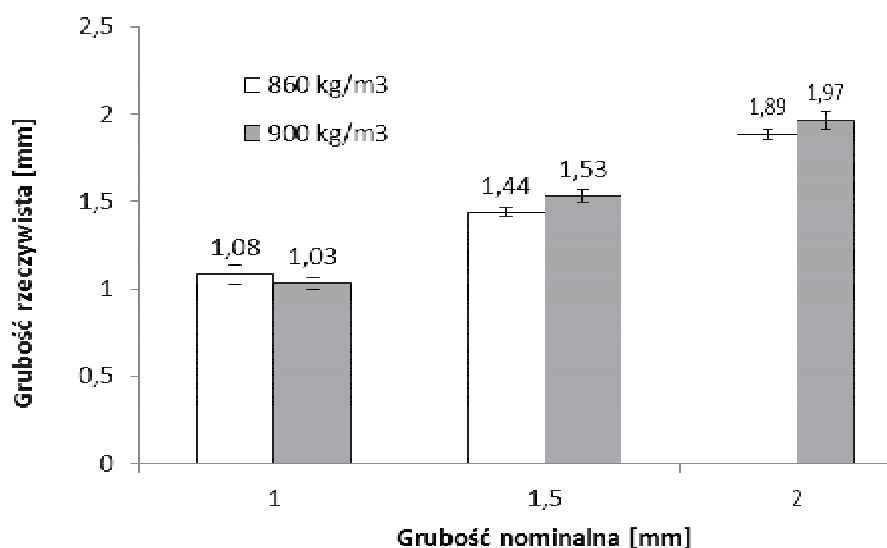
Według wymagań normy PN-EN 622-5:2010, wytrzymałość na rozciąganie płyt pilśniowych o grubości 1,8-2,5 mm powinna być $\geq 0,65$ N/mm². Grubsze płyty mogą charakteryzować się niższą wytrzymałością niż ta podana dla przedziału 1,8-2,5 mm.



Ryc. 2. Wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzn badanych płyt HDF

Grubość badanych płyt

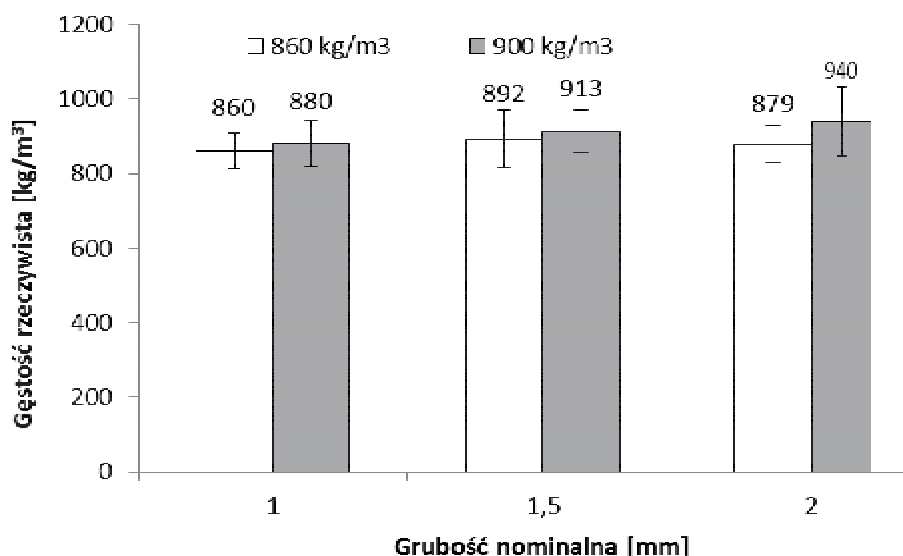
Grubość płyt pilśniowych suchoformowanych to wielkość określona w normach, stanowiąca zmienną, dla której przypisano odpowiedni poziom cech mechanicznych i fizycznych. Średnie wartości rzeczywistych grubości płyt o założonej gęstości 860 i 900 kg/m³ przedstawiono na ryc. 3. Z przedstawionych danych wynika, że wszystkie otrzymane płyty spełniały obowiązujące wymagania normy PN-EN 324-1:1999, ponieważ różnica pomiędzy grubością założoną a rzeczywistą nie była większa niż $\pm 0,2$ mm. Największą różnicą grubości rzeczywistej i założonej charakteryzowały się płyty o grubości nominalnej 2,0 mm i gęstości 860 kg/m³, dla których różnica ta wyniosła 0,11 mm. Można zauważyć, iż uzyskane grubości wszystkich płyt o gęstości 900 kg/m³ w mniejszym stopniu odbiegały od założonej grubości niż grubości rzeczywiste płyt o gęstości 860 kg/m³.



Ryc. 3. Zależność uzyskanej grubości rzeczywistej wytworzonych płyt HDF od ich grubości i gęstości nominalnej

Gęstość badanych płyt

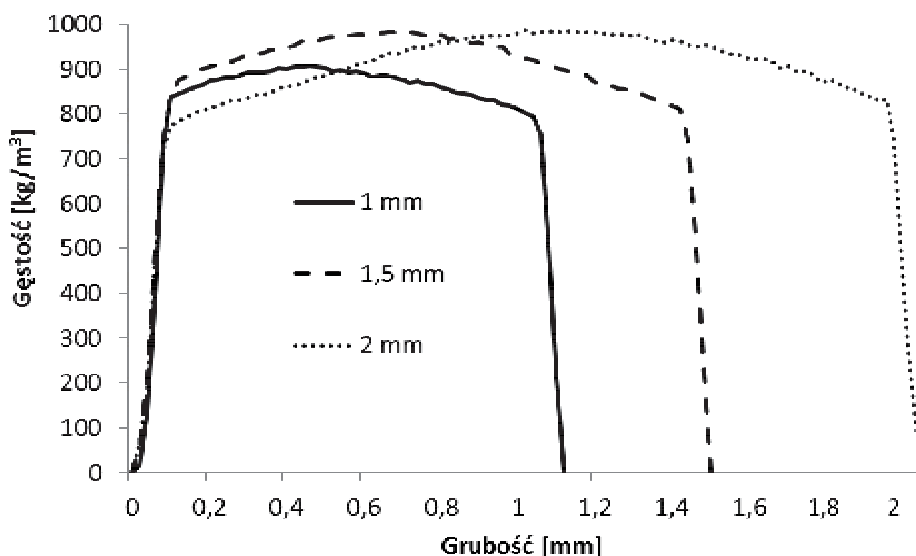
Zarówno gęstość płyt pilśniowych suchoformowanych, jak i jej zakres nie są podane w stosownych normach, jednakże cecha ta jest bardzo istotna w kontekście wytrzymałości płyt, ponieważ wraz ze wzrostem gęstości rośnie mechaniczna wytrzymałość płyt. Badając właściwości płyt, niezbędne jest zweryfikowanie i porównanie gęstości otrzymanych płyt z gęstością założoną (nominalną), aby ustalić czy wielkość ta nie wpływała na uzyskane wyniki. Zestawienie rzeczywistych średnich wartości gęstości przedstawiono na ryc. 4. Płyty o założonych gęstościach 860 i 900 kg/m³ posiadały gęstość odpowiednio w przedziale 860-880 kg/m³ oraz 880-940 kg/m³. Wartości te mieszczą się w dopuszczalnych w przemyśle płyt pilśniowych zakresach różnic gęstości rzeczywistej i nominalnej, określanych jako $\pm 7\%$ w stosunku do gęstości nominalnej wg normy PN-EN 323:1999. Zakresy te wynoszą odpowiednio: 800-920 kg/m³ dla gęstości nominalnej 860 kg/m³, 837-963 kg/m³ dla gęstości nominalnej 900 kg/m³.



Ryc. 4. Zależność uzyskanej gęstości rzeczywistej wytworzonych płyt HDF od ich grubości i gęstości nominalnej

Profil gęstości

Analiza rozkładu gęstości badanych płyt, przedstawiona dla próbek o gęstości 860 kg/m³ na ryc.5, wykazała większe zagęszczenie włókien w strefie środkowej niż w warstwach zewnętrznych. Zjawisko to było zauważalne dla każdej grubości i gęstości płyt. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem grubości badanych płyt wzrastała też różnica pomiędzy zagęszczeniem warstw wewnętrznych i zewnętrznych płyt. Profil gęstości był symetryczny względem środka grubości płyt. Warto dodać, iż zaprezentowane profile gęstości ultracienkich płyt HDF w znacznym stopniu różnią się od typowych profili gęstości dla płyt pilśniowych suchoformowanych, np. płyt MDF. W typowych płytach MDF, produkowanych z przeznaczeniem dla meblarstwa, możliwe jest wyróżnienie dwóch stref podwyższonej gęstości, ulokowanych w zakresie warstw przypowierzchniowych, oraz strefy o niższej w odniesieniu do poprzednich, zaś równej gęstości, strefy wewnętrznej (Ayrilmis 2007).



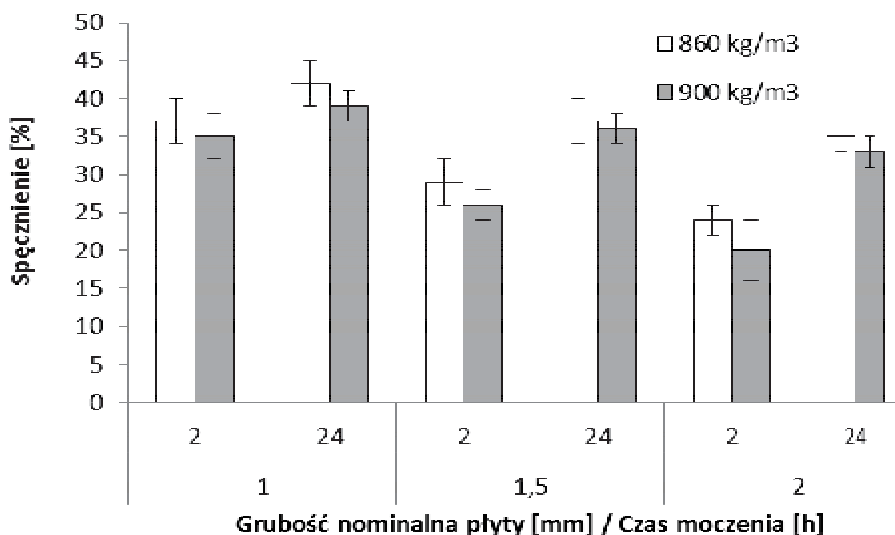
Ryc. 5. Profile gęstości badanych płyt o gęstości nominalnej 860 kg/m^3

Spęcznienie

Wyniki badania spęcznienia po 2 i 24 godzinach moczenia w wodzie przedstawiono na ryc. 6. Według normy PN-EN 622-5:2010 wraz ze wzrostem grubości płyt występuje tendencja spadku spęcznienia. Na podstawie analizy otrzymanych w badaniach wyników można stwierdzić, że potwierdziła się dalsza tendencja wzrostu spęcznienia dla płyt cieńszych od 1,8 mm przy zmniejszeniu ich grubości.

Najintensywniejszy wzrost grubości na skutek spęcznienia pod działaniem wody odnotowano w początkowym okresie moczenia (po 2 h), dalej również następował wzrost grubości, jednak jego intensywność była znacznie mniejsza. W pierwszych 2 godzinach spęcznienie wynosiło od 20 do 37% zależnie od wariantu płyty, natomiast przez kolejne 22 godziny przebiegało znacznie wolniej i zależnie od grubości wynosiło od 4 do 13%. Płyty o grubości nominalnej 1,0 mm oraz 1,5 mm charakteryzowały się maksymalnym spęcznieniem dopuszczalnym dla płyt z zakresu 1,8-2,5 mm. Płyty o gęstościach 860 i 900 kg/m^3 charakteryzowały się wzrostem spęcznienia wraz ze spadkiem grubości płyty, zaś wartości ich spęcznienia mieściły się w dopuszczalnym zakresie podawanym przez normy dla płyt o grubości w zakresie 1,8-2,5 mm, jednakże spęcznienie było minimalnie mniejsze przy porównaniu tych samych grubości płyt różnej gęstości. Największym spęcznieniem, zarówno po 2 i 24 godzinach moczenia, charakteryzowały się płyty o grubości 1,0 mm i gęstości 860 kg/m^3 , natomiast najmniejszym płyty o grubości 2 mm i gęstości 900 kg/m^3 . Wpływ na spęcznienie badanych płyt HDF ma zarówno grubość, jak i gęstość, a jego wielkość rośnie wraz ze

zmniejszeniem się grubości i spadkiem gęstości. Zauważono, że badane płyty po moczeniu przez 2 i 24 h posiadały nadal spójną budowę i nie rozwarstwiały się. Spostrzeżenie dotyczące rosnącego spęcznienia płyt wraz ze spadkiem ich gęstości jest zaprzeczeniem obserwacji poczynionych przez Ayrilmisa (2007), który zauważył, że spęcznienie na grubość płyt MDF i HDF w zakresie gęstości 720-1000 kg/m³ rośnie wraz ze wzrostem gęstości płyt.



Ryc. 6. Spęcznienie badanych płyt HDF o różnej grubości i gęstości w funkcji czasu moczenia w wodzie

Wnioski i spostrzeżenia

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy wyników, sformułowano następujące wnioski i spostrzeżenia:

1. Wraz ze zmianą grubości płyt HDF z 2,0 mm do 1,0 mm maleje ich wytrzymałość na zginanie statyczne.
2. Wzrost gęstości płyt z 860 kg/m³ do 900 kg/m³ (mniej niż 5% wzrostu gęstości) powoduje niemal dwukrotny wzrost ich wytrzymałości na zginanie statyczne.
3. Wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe ultracienkich płyt HDF rośnie wraz ze wzrostem ich gęstości (w zakresie 860-900 kg/m³) oraz spadkiem grubości (w zakresie 1-2 mm).
4. Zmniejszenie grubości płyt HDF skutkuje wzrostem intensywności ich spęcznienia. Podobny efekt wywołuje zmniejszenie gęstości badanych płyt.
5. Wraz ze wzrostem grubości płyt HDF wzrasta gradient ich gęstości na grubości.

Literatura:

Ayrilmis N. 2007: Effect of panel density on dimensional stability of medium and high density fiberboards, Journal of Materials Science, tom 42, s. 8551-8557.

Feddersen J. 2003: Prozessenergieverbrauch in der Holzwerkstoffindustrie. Diplomarbeit Studiengang Holzwirtschaft der Universität Hamburg, Ordinariat für Holztechnologie-Holzphysik, s. 146.

Hikiert M. A. 2015: Statystyka produkcji płyt drewnopochodnych na podstawie FAOSTAT, Biuletyn Informacyjny Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Przemysłu Płyt Drewnopochodnych w Czarnej Wodzie, tom 3-4, s. 138-144.

Onisko W. 2008: Wytwarzanie masy włóknistej w suchej technologii produkcji płyt pilśniowych, Biuletyn Informacyjny Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Przemysłu Płyt Drewnopochodnych w Czarnej Wodzie, tom 1-2, s. 38-55.

Roffael B., Dix B., Behn C., Bär. G. 2010: Mitverwendung von UF-Harzgebundenen Gebrauchtspan- und -faserplatten in der MDF-Herstellung, European Journal of Wood and Wood Product, Springer, tom 68, s. 121-128.

Szczuka J. 1995: Materiałoznawstwo przemysłu drzewnego, WSiP, s. 13-14.

Strony internetowe

www.europanel.org (dostęp: maj 2016 r.)

www.dieffenbacher.de (dostęp: maj 2016 r.)

www.wbpionline.com (dostęp: maj 2016 r.)

www.invado.pl (dostęp: maj 2016 r.)

www.mdb.kronopol.pl (dostęp: maj 2016 r.)

www.swedspan.pl (dostęp: luty 2013 r.)

www.kronopol.pl (dostęp: wrzesień 2017 r.)

www.kronospan.pl (dostęp: wrzesień 2017 r.)

Spis przywołanych norm

PN-EN 310:1994. Płyty drewnopochodne. Oznaczanie modułu sprężystości przy zginaniu i wytrzymałości na zginanie.

PN-EN 317:1999 Płyty wiórowe i płyty pilśniowe. Oznaczanie spęcznienia na grubość po moczeniu w wodzie.

PN-EN 319:1999 Płyty wiórowe i płyty pilśniowe. Oznaczanie wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty.

PN-EN 323:1999 Płyty drewnopochodne – Oznaczanie gęstości.

PN-EN 324-1:1999 Płyty drewnopochodne – Oznaczanie wymiarów płyt – Oznaczanie grubości, szerokości i długości.

PN-EN 622-5:2010 Płyty pilśniowe. Wymagania techniczne. Część 5: Wymagania dla płyt formowanych na sucho (MDF).