

Wpływ prędkości obciążania przy zginaniu płyt pilśniowych suchoformowanych na ich wytrzymałość na zginanie i moduł sprężystości przy zginaniu

Streszczenie: W artykule podjęto próbę ustalenia wpływu czasu obciążania próbek płyt MDF na wartości wytrzymałości na zginanie i modułu sprężystości. Wykazano, że zmiana prędkości obciążania próbek (zmiana czasu do zniszczenia próbek) wpływa w sposób istotny na wartości wytrzymałości na zginanie. Nie potwierdzono podobnej istotnej zależności w odniesieniu do wartości modułu sprężystości płyt MDF w całym badanym zakresie grubości płyt (12, 16 i 18 mm).

Słowa kluczowe: płyta pilśniowa suchoformowana, wytrzymałość na zginanie, moduł sprężystości, obciążanie

Wprowadzenie

Płyty pilśniowe, zarówno produkowane metodą suchą, jak i moką, należą do grupy tworzyw drewnopochodnych, powstałych z połączenia najmniejszych cząstek drzewnych, stosowanych w technologii tworzyw drzewnych. Wielkość tych cząstek nierzadko odpowiada rozmiarom pojedynczych elementów anatomii drewna.

Na rosnącą popularność płyt pilśniowych suchoformowanych w produkcji mebli i wyposażeniu wnętrz, nierzadko skutecznie konkurujących np. z płytami wiórowymi, wpływają takie cechy jak m.in. bardzo ujednolicona struktura, zarówno na powierzchni płyty, jak i na jej grubości, znacznie poszerzająca możliwości jej obróbki i zastosowania, łatwość wykończenia powierzchni, a przy tym możliwość stosowania tych samych narzędzi, okuć i łączników, jak w przypadku innych tworzyw drzewnych.

Głównymi czynnikami, wpływającymi na właściwości tworzywa drzewnego, jakim są płyty MDF, są cechy związane z surowcami, z których owe płyty zostały wytworzone. W przypadku surowców włóknistych, pomimo pomyślnych prób wykorzystania w technologii MDF surowców niedrzewnych, w Polsce w dalszym ciągu dominują surowce drzewne, w głównej mierze z drewna iglastego (np. sosna, świerk). Surowiec w postaci okrągłej jest najczęściej poddawany korowaniu. Zabieg ten pozwala uniknąć późniejszych trudności w wykończeniu płyt oraz ograniczeń w zastosowaniu płyt, wynikających z ich obniżonych walorów estetycznych (plamy, ciemniejsze zabarwienie).

Ze względu na moce produkcyjne współczesnych linii technologicznych MDF, surowiec drzewny w postaci zrębków, składowany jest w odsłoniętych hałdach na terenie zakładu produkcyjnego. Zjawiska towarzyszące składowaniu zrębków na tzw. wolnym powietrzu,

* dr hab. inż. Grzegorz Kowaluk, mgr inż. Michał Glinka, mgr inż. Conrad Sala, Katedra Technologii i Przedsiębiorczości w Przemśle Drzewnym, Wydział Technologii Drewna, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, e-mail: grzegorz_kowaluk@sggw.pl, conrad_sala@sggw.pl

mają swoje odzwierciedlenie w parametrach produkcji płyt oraz we właściwościach samych płyt. Wody opadowe, działające na składowane zrębki, powodują wymywanie z nich cukrów prostych, jak również przekształcanie grup hydroksylowych w grupy karbonylowe. Proces ten, którego efektem jest zmiana odczynu pH drewna, wpływa niekorzystnie na późniejsze reakcje chemiczne, zachodzące np. podczas klejenia włókien (Yumei i Zhenhua 2010). W związku z tym zaleca się, aby czas składowania zrębków przed ich wykorzystaniem w produkcji był możliwie krótki.

Charakteryzując czynniki surowcowe, wpływające na parametry płyt MDF, nie sposób nie wspomnieć o wpływie morfologii samych włókien. Ustalono przykładowo, że wraz ze wzrostem ciśnienia w defibratorze, powstaje większy udział powierzchni włókien poroździeranych i nieregularnych, co z kolei przekłada się na niższe parametry wytrzymałościowe takich włókien (Groom i in. 2000). Wysoką istotnością wpływu morfologii mas włóknistych płyt MDF na parametry płyt można wytłumaczyć intensywny rozwój technik analizy morfologii mas włóknistych *in situ* podczas produkcji płyt MDF (Nicewicz, Kowaluk 2017).

Kolejnym, istotnym czynnikiem surowcowym, przekładającym się na właściwości płyt MDF, jest stopień zaklejenia włókien. Zdaniem Ayrilmis i Kara (2013), również sposób zaklejania masy włóknistej płyt MDF może wpływać na właściwości produktu. Wspomniani autorzy zaproponowali zastosowanie, oprócz konwencjonalnego zaklejania masy na etapie pomiędzy defibratorem a suszarnią, z wykorzystaniem systemu „*blow line*”, również zaklejanie prowadzone z użyciem tzw. zaklejarki krótkotaktowej (z *ang. short time retention blender*). Ten zabieg, aczkolwiek rozwijany jedynie w skali laboratoryjnej, który nie trafił do praktyki przemysłowej, pozwolił poprawić właściwości wytrzymałościowe płyt MDF bez zwiększania stopnia zaklejenia, a wyłącznie dzięki podziałowi aplikowanej masy klejowej na tę nanoszoną w systemie *blow line* i wspomnianej zaklejarki krótkotaktowej.

Spośród czynników technologicznych, mających największy wpływ na właściwości wytworzonych płyt MDF, należy wymienić proces prasowania kobierca. Współcześnie odbywa się on głównie z wykorzystaniem pras ciągłego działania, w których elementem stykającym się bezpośrednio z prasowanym kobiercem są stalowe, bezkońcowe taśmy, o góry i u dołu kobierca. Prasa podzielona jest na sekcje, z których każda może wywierać na kobierzec inne ciśnienie oraz temperaturę. Nierzadko ostatnią sekcję stanowi sekcja chłodząca. Umożliwia ona obniżenie i wyrównanie temperatury prasowanego materiału przed opuszczeniem przez niego prasy, co wpływa pozytywnie na redukcję naprężeń, a do tego umożliwia stosowanie w produkcji masy włóknistej o wyższej wilgotności (7 – 8%) bez ryzyka rozwarstwienia płyty. To z kolei sprzyja szybszemu transferowi ciepła podczas prasowania kobierca. Według Gul i innych (2017), zmiana temperatury prasowania kobierca płyty MDF ze 140 do 160°C powoduje szereg pozytywnych skutków: wzrost wytrzymałości na zginanie płyt o 9,8%, wzrost wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe o 33,6%, zmniejszenie nasiąkliwości o 38,2% oraz redukcję spęcznienia na grubość o 15,2%. Chociaż podany zakres temperatur prasowania płyt MDF jest znacznie niższy od tych stosowanych w praktyce

przemysłowej, to znakomicie uwydatnia wpływ temperatury prasowania na właściwości płyt. Tymczasem zawarta w prasowanym kobiercu wilgoć wpływa pozytywnie na dynamikę transferu ciepła w głąb kobierca, a co za tym idzie, na proces żelowania masy klejowej. Ma to szczególne znaczenie w przypadku stosowania w technologii płyt MDF klejów opartych na białkach sojowych (Li i in. 2009).

Wartości wytrzymałości na zginanie i modułu sprężystości przy zginaniu płyt MDF, zależą w głównej mierze od gęstości tworzywa, stopnia zaklejenia itp. Badania wspomnianych cech są przeprowadzane według wytycznych zawartych w normie: PN-EN 310:1994/Ap1:2002. Według zapisów owej normy, czas obciążania do zniszczenia próbki podczas badania musi zawierać się w przedziale 60 ± 30 s, co oznacza, że próbki mogą być prawidłowo zniszczone zarówno po 30 jak i po 90 s od przyłożenia do próbki rosnącego obciążenia do jej zniszczenia.

Cel

Celem badań było określenie wpływu różnego czasu obciążania próbek płyt MDF podczas zginania, na wyniki badania wytrzymałości na zginanie statyczne oraz modułu sprężystości przy zginaniu.

Materiały i metodyka

W badaniach wykorzystano komercyjne, niewykończone (surowe) płyty MDF o 3 grubościach nominalnych: 12, 16 i 18 mm. Wilgotność próbek bezpośrednio przed badaniem właściwości wytrzymałościowych wynosiła około 7%. Dla lepszej charakterystyki badanego materiału, przeprowadzono pomiar profilu gęstości próbek płyt z każdej wspomnianej grubości. Określenie profilu gęstości przeprowadzono na urządzeniu DaX firmy GreCon, wykorzystującym promieniowanie rentgenowskie. Krok próbkowania (zmiana grubości) wynosił 0,02 mm.

Badania wytrzymałości na zginanie statyczne oraz modułu sprężystości przy zginaniu przeprowadzono na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej, z zastosowaniem metodyki opisanej w normie PN-EN 310:1994/Ap1:2002 w zakresie wymiarów próbek, sposobu obciążania itp. Prędkość obciążania próbek, przekładającą się bezpośrednio na czas do ich zniszczenia, dobrano w ten sposób, aby uzyskać zniszczenie próbek:

- zgodnie z wytycznymi wspomnianej normy (tj. czas obciążania 60 ± 30 s),
- w czasie krótszym niż zalecany w normie (tj. czas obciążania poniżej 30 s),
- w czasie dłuższym niż zalecany w normie (tj. czas obciążania powyżej 90 s).

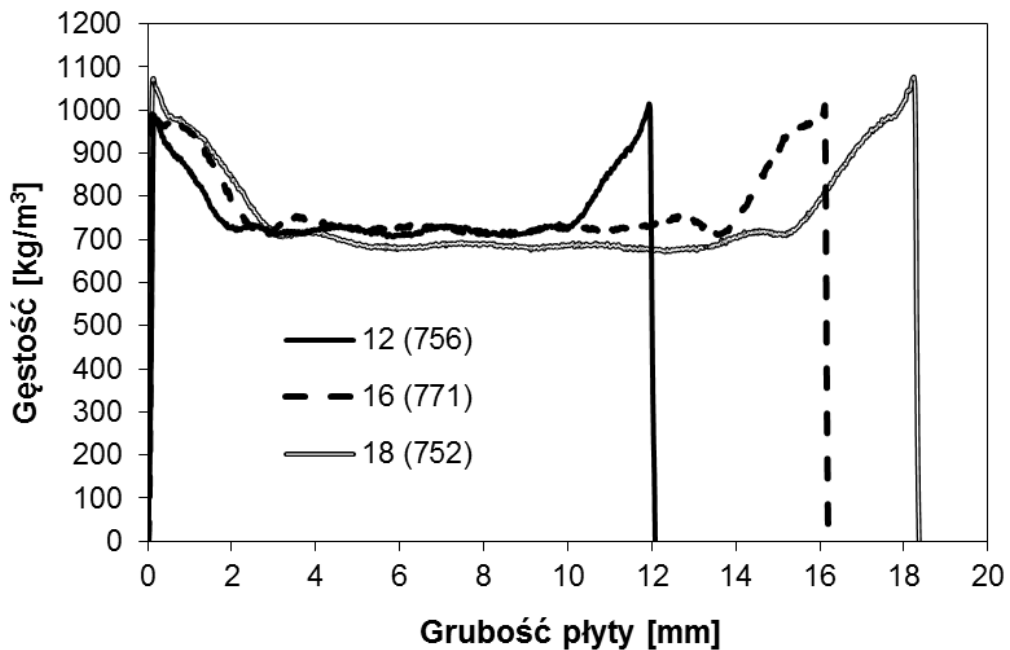
Do badań wykorzystano nie mniej niż po 40 próbek płyt dla każdego badanego wariantu (dana grubość płyty i prędkość obciążania).

Ocenę statystycznej istotności wpływu prędkości obciążania próbek płyt MDF podczas zginania na wartości wytrzymałości na zginanie i modułu sprężystości przy zginaniu, prze-

przewodzone na podstawie testu t z dwiema próbkami, zakładając równe wariancje, przy poziomie ufności $p=95\%$.

Wyniki i dyskusja

Rezultaty pomiaru profilu gęstości płyt zakwalifikowanych do badań, przedstawiono na ryc. 1. Jak wynika z przedstawionych danych, średnie gęstości płyt o grubości 12, 16 i 18 mm były do siebie zbliżone i wynosiły 756 kg/m^3 , 771 kg/m^3 oraz 752 kg/m^3 . Warstwy zewnętrzne płyt o grubości 12 mm charakteryzowały się średnią gęstością 843 kg/m^3 , płyt 16 mm 909 kg/m^3 , a płyt 18 mm 886 kg/m^3 . Średnie gęstości warstw wewnętrznych wyniosły odpowiednio dla 12 mm 721 kg/m^3 , dla 16 mm 728 kg/m^3 oraz dla 18 mm 692 kg/m^3 . Warto dodać, że gęstość warstw wewnętrznych badanych płyt, znajdująca się ok. 3 mm pod powierzchnią płyty, była wyrównana na całej grubości warstwy wewnętrznej płyty. Warto zauważyć, że w przypadku tworzyw drzewnych, gęstość, a pośrednio również jej rozkład na przekroju poprzecznym tworzywa, odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu jego właściwości mechanicznych. Potwierdzają to m.in. badania Sari i innych (2012).

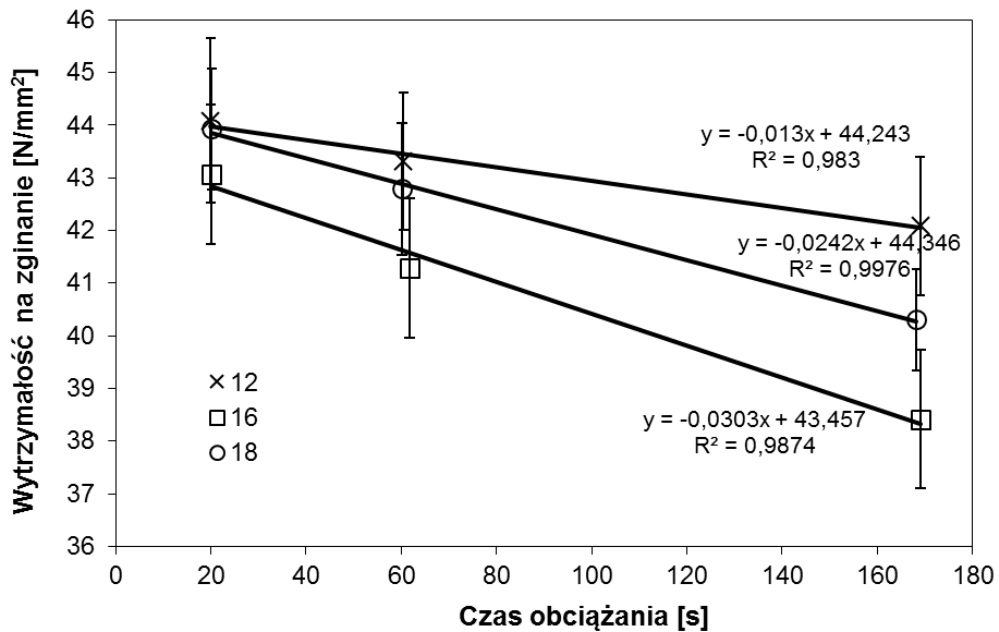


Ryc. 1. Profile gęstości badanych płyt MDF

Wyniki badania wpływu czasu obciążania próbek płyt MDF przy zginaniu do ich zniszczenia, na ich wytrzymałość na zginanie statyczne, przedstawiono na ryc. 2. Jak wynika z przedstawionych danych, wraz z wydłużeniem czasu obciążania próbek, maleje ich wy-

trzymałość na zginanie. Wspomniana zależność jest najbardziej uwidoczniła w przypadku próbek płyt o grubości nominalnej 16 mm, dla których wartość wytrzymałości przy najkrótszym czasie obciążania, 20 s, wynosiła 43,1 N/mm², natomiast przy najdłuższym czasie obciążania równym 169 s wyniosła 38,4 N/mm² (zmiana o niemal 11% w stosunku do wartości najwyższej). Najmniejszą zmianą wartości wytrzymałości w podobnych warunkach charakteryzowały się próbki płyt o grubości nominalnej 12 mm. W tym przypadku najwyższa wartość wytrzymałości, uzyskana dla najkrótszego, wspomnianego czasu obciążania, wyniosła 44,1 N/mm², natomiast najniższa, dla najdłuższego czasu obciążania, wyniosła 42,1 N/mm², co stanowi zmianę o około 5% w stosunku do wartości najwyższej.

Wyniki przeprowadzonych analiz statystycznych wskazują, że przedstawione na poniższej rycinie wyniki badania wytrzymałości na zginanie, różnią się od siebie statystycznie istotnie w obrębie poszczególnych grubości płyt.

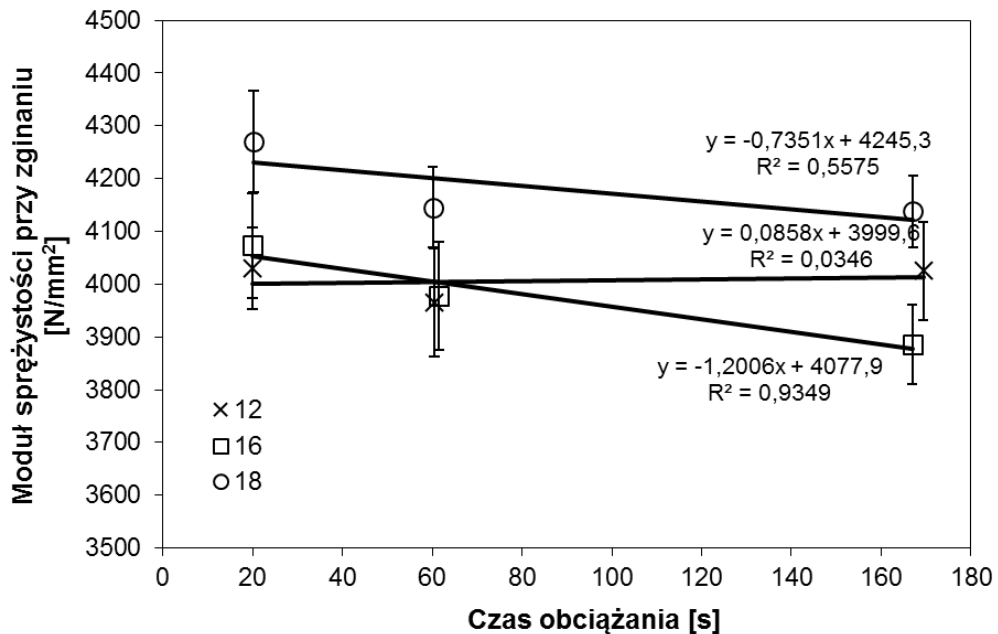


Ryc. 2. Wytrzymałość na zginanie badanych płyt MDF w funkcji czasu obciążania

Na ryc. 3 przedstawiono wyniki badania modułu sprężystości płyt MDF, przy zginaniu statycznym z różnymi prędkościami obciążania. W przypadku modułu sprężystości brak jest podobnie jednorodnej zależności spadku wartości tej cechy wraz z wydłużaniem czasu obciążania próbek, jak to miało miejsce w przypadku badania wytrzymałości na zginanie. Dla modułu sprężystości, w przypadku płyt o grubości nominalnej 12 mm, wraz ze wzrostem czasu obciążania próbek, odnotowano nieznaczny wzrost wartości modułu. Dla pozostałych

badanych grubości płyt, stwierdzono podobnie nieistotny spadek wartości modułu sprężystości wraz ze wzrostem czasu obciążania próbek.

Przeprowadzona analiza statystyczna wskazuje, że przedstawione na ryc. 3 wyniki badania modułu sprężystości przy zginaniu statycznym dla płyt o grubości nominalnej 12 mm, nie różnią się od siebie statystycznie istotnie. Stwierdzono natomiast statystycznie istotne różnice w przypadku płyt o grubości nominalnej 16 i 18 mm, lecz wyłącznie w przypadku porównania danych uzyskanych dla najkrótszego czasu obciążania (najwyższej prędkości obciążania) i pozostałych wyników. Jest to o tyle cenne spostrzeżenie, że potwierdza pogląd, iż moduł sprężystości przy zginaniu materiału jest wielkością niezależną, charakterystyczną dla danego materiału, i jako taki w niewielkim stopniu zależy od czynników niemateriałowych, jak np. od parametrów jego badania. Warto dodać, że o ile w przypadku badania wytrzymałości na zginanie przy różnej prędkości obciążania próbek, można dyskutować nt. zjawisk o charakterze np. reologicznym w obciążanych próbkach, relaksacji naprężeń itp. i ich wpływie na wynik badania, to w przypadku badania modułu sprężystości na zginanie ewentualny wpływ tychże zjawisk jest z całą pewnością zminimalizowany. Należy pamiętać, że wartość modułu sprężystości dla tworzyw drewnopochodnych oznacza się w zakresie odkształceń sprężystych, stanowiących do 40% maksymalnego odkształcenia próbki.



Ryc. 3. Moduł sprężystości przy zginaniu badanych płyt MDF w funkcji czasu obciążania

Wnioski i spostrzeżenia

1. Prędkość obciążania wpływa w sposób istotny statystycznie na wyniki wytrzymałości na zginanie płyt MDF: wraz ze wzrostem prędkości obciążania próbek płyt MDF o grubościach 12, 16 i 18 mm wzrasta wartość wytrzymałości na zginanie.
2. Prędkość obciążania nie wpływa w sposób istotny statystycznie na wyniki modułu sprężystości płyt MDF o grubości 12 mm.
3. Wzrost prędkości obciążania powyżej sugerowanej w przedmiotowej normie (skrócenie czasu obciążania) ma statystycznie istotny wpływ na wyniki badania modułu sprężystości przy zginaniu statycznym płyt MDF o grubości 16 i 18 mm.

Literatura

Ayrlimis N., Kara M.E., 2013: Effect of resination technique on mechanical properties of medium density fiberboard. *BioResources* 8(1), 420-426

Groom L., Rials T., Snell R., 2000: Effects of varying refiner pressure on the mechanical properties of loblolly pine fibers. 4th European Panel Products Symposium 2000, 11-13

Gul W., Khan A., Shakoar A., 2017: Impact of hot pressing temperature on medium density fiberboard (MDF) performance. *Advances in Materials Science and Engineering*, Vol. 2017, Article ID 4056360; <https://doi.org/10.1155/2017/4056360>

Li X., Li Y., Zhikai Zhong Z., Wangb D., Ratto J.A., Sheng K., Sun X.S., 2009: Mechanical and water soaking properties of medium density fibreboard with wood fiber and soybean protein adhesive. *Bioresource Technology* 100: 3556–3562; doi: 10.1016/j.biortech.2009.02.048

Nicewicz D., Kowaluk G., 2017: Właściwości włókien drzewnych przeznaczonych do produkcji MDF i metody ich badania. *Biuletyn Informacyjny Ośrodka Badawczo – Rozwojowego Przemysłu Płyt Drewnopochodnych w Czarnej Wodzie* 1 – 2/2017

Nicewicz D., Sala C., 2013: Technologiczne aspekty produkcji MDF. Wydawnictwo SGGW

Sari B., Nemli G., Baharoglu M., Bardak S., Zekovic E., 2012: The role of solid content of adhesive and panel density on the dimensional stability and mechanical properties of particleboard. *Journal of Composite Materials* 47(10) 1247–1255; doi: 10.1177/0021998312446503

Yumei B., Zhenhua G., 2010: The ambient aging of wood fiber and its effect on mechanical properties of MDF panels *Wood Science and Technology* 45: 501–510

Wykaz norm:

PN-EN 310:1994/Ap1:2002 Płyty drewnopochodne. Oznaczanie modułu sprężystości przy zginaniu i wytrzymałości na zginanie

Influence of the loading speed when bending dry formed fiberboards on its modulus of rupture and modulus of elasticity under bending

Abstract: In this paper an attempt to estimate the influence of the sample loading time during bending on modulus of rupture and modulus of elasticity has been undertaken. It has been found, that the change of the loading speed (change of sample loading time to break) significantly influences the modulus of rupture values. There was no such significant influence of the loading time on the values of modulus of elasticity of MDF panels in the entire range of tested panel thicknesses (12, 16 and 18 mm).