



Wpływ temperatury na wybrane właściwości płyt wiórowych budowlanych

Effect of temperature on selected properties of structural particleboards

Piotr Borysiuk^{a,*}, ORCID ID: 0000-0002-7508-9359
Paweł Kozakiewicz^b, ORCID ID: 0000-0002-2285-2912
Tomasz Nurczyk^a,

^aSzkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Technologii Drewna, Katedra Technologii i Przedsiębiorczości w Przemśle Drzewnym, ul. Nowoursynowska 159/34, 02-776 Warszawa, Polska

^bSzkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Technologii Drewna, Katedra Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna, ul. Nowoursynowska 159/34, 02-776 Warszawa, Polska

*Osoba do korespondencji: piotr_borysiuk@sggw.pl

Streszczenie

W ramach pracy zbadano wpływ temperatury na wybrane właściwości wiórowych płyt budowlanych. Przemysłowe płyty wiórowe typu P5 (po 10 próbek na wariant) zostały poddane działaniu temperatur -20, 0, +20, +40, +60, +80, +100 i +120°C, w czasie 7 dni. W badanych płytach oznaczono wytrzymałość na zginanie statyczne i moduł sprężystości przy zginaniu. Wykazano, że wzrost temperatury eksploatacji płyt wpływa na spadek parametrów wytrzymałościowych.

Abstract

As part of the work, the influence of temperature on selected properties of structural particle boards was examined. Industrial particleboards type P5 (10 samples per variant) were air-conditioned at temperatures: -20, 0, +20, +40, +60, +80, +100 and +120°C, for a period of 7 days each variant. MOR and MOE were determined for the tested panels. It has been shown that the increase in the temperature of boards usage influences the decrease of strength parameters.

Słowa kluczowe: płyta wiórowa budowlana, temperatura, wytrzymałość na zginanie, moduł sprężystości

Keywords: structural particleboard, temperature, MOR, MOE

Wprowadzenie

Płyty wiórowe o przeznaczeniu budowlanym (typ P5 zgodnie z PN-EN 312:2010), ze względu na specyfikę zastosowania, mogą być narażone w trakcie użytkowania na oddziaływanie zmiennych warunków otoczenia: wilgotności i temperatury. O ile w pierwszym przypadku przeprowadzono stosunkowo dużo badań nad wpływem wilgotności na właściwości płyt budowlanych, o tyle proces oddziaływania temperatury, szczególnie w dłuższym okresie nie jest jak do tej pory dostatecznie opisany.

Pierwsze prace z tego zakresu były skoncentrowane głównie na drewnie litym. Już na początku XX wieku Baumann (1922) i Vorreiter (1938) wykazali, że zamrożone mokre drewno ma większą wytrzymałość w porównaniu do drewna o temperaturze dodatniej. Kollmann (1940 i 1942) prowadząc badania porównawcze zamrożonego i nie zamrożonego drewna bukowego w szerokim przedziale wilgotności stwierdził, że niezależnie od wilgotności drewno w temperaturze 20°C wykazuje ok. 30 do 50% niższą wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien w porównaniu do drewna o temperaturze -42°C. Równocześnie wykazał on, że wraz ze wzrostem temperatury w zakresie od -200°C do +200°C spada odporność drewna na wymuszone zmiany kształtu oraz maleje jego wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien. Uzyskane zależności mają charakter liniowy. Zbliżone wyniki uzyskał Kozakiewicz (2010) badając między innymi wpływ temperatury w zakresie od -40°C do +80°C na wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien wybranych rodzajów drewna o zróżnicowanej gęstości i budowie anatomicznej. Autor stwierdził, że gęstość jest podstawowym czynnikiem determinującym „wrażliwość” wytrzymałości na ściskanie absolutnie suchego drewna na zmiany temperatury. Pewien wpływ wydaje się mieć również budowa anatomiczna drewna charakterystyczna dla danego gatunku. Mniej podatne na wpływ temperatury jest drewno mahoni, a bardziej drewno dębu i damarzyku (w porównaniu do innych badanych gatunków o porównywalnej gęstości). Kozakiewicz (2010) wykazał również, że przy zmianach temperatury typowych dla pomieszczeń zamkniętych (zmiany temperatury w użytkowych pomieszczeniach domowych), tj. między 7°C a 38°C zmiany wytrzymałości można uznać za nieistotne.

Wzrost temperatury wpływa również negatywnie na właściwości tworzyw drzewnych (Bekhta i in. 2003). Autorzy stwierdzili między innymi, że zmiany temperatury od +20°C do +140°C (z odstopniowaniem co 20°C) przy 1-godzinnym czasie ekspozycji płyt na daną temperaturę wpływają na redukcję wartości wytrzymałości na zginanie statyczne maksymalnie o 40% dla płyty wiórowej, 37% dla MDF i 30% dla OSB. Odnotowane zmiany miały charakter liniowy. Z kolei Sonderegger i Niemz (2006) poddając tworzywa drzewne 1,5-godzinnej ekspozycji na oddziaływanie temperatury w zakresie od -20°C do +60°C (z odstopniowaniem co 20°C) wykazali, że najmniejszy spadek parametrów wytrzymałościowych (MOR i MOE) odnotowano dla sklejk (odpowiednio 12 i 14%) zaś największy dla płyt klejonych z drewna litego (odpowiednio 39 i 46%). Płyty wiórowe, w efekcie przeprowadzonych badań, charakteryzowały się spadkiem wytrzymałości na

zginanie statyczne na poziomie 26% i modułu sprężystości przy zginaniu statycznym w zakresie od 37 do 43% (dla płyt o grubości 16 i 18 mm). Ayrilmis i in. (2010) badając właściwości mechaniczne sklejk, OSB i MDF poddanych przez 48 h oddziaływaniu temperatury w zakresie od -30°C do $+30^{\circ}\text{C}$ (z odstopniowaniem co 10°C) stwierdzili spadek ich wytrzymałości, przy czym największe zmiany odnotowano w zakresie temperatur od -10°C do $+10^{\circ}\text{C}$.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było określenie wpływu temperatury na właściwości wytrzymałościowe przemysłowych budowlanych płyt wiórowych (typ P5). W dotychczas przeprowadzonych badaniach autorzy stosowali na ogół krótki czas ekspozycji płyt na podwyższoną temperaturę. Zakres pracy obejmował ekspozycję płyt na oddziaływanie temperatur w zakresie od -20°C do $+120^{\circ}\text{C}$ (z odstopniowaniem co 20°C) w czasie 7 dni. Wykonano oznaczenie wartości wytrzymałości na zginanie statyczne i modułu sprężystości przy zginaniu statycznym płyt bezpośrednio po działaniu temperatury oraz analizę uzyskanych wyników.

Materiały i metodyka badań

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem przemysłowej płyty wiórowej budowlanej (typ P5) o grubości 10 mm i średniej gęstości 750 kg/m^3 . W celu określenia charakterystyki płyt zbadano ich profil gęstości przy wykorzystaniu profilomierza DAX firmy GreCon.

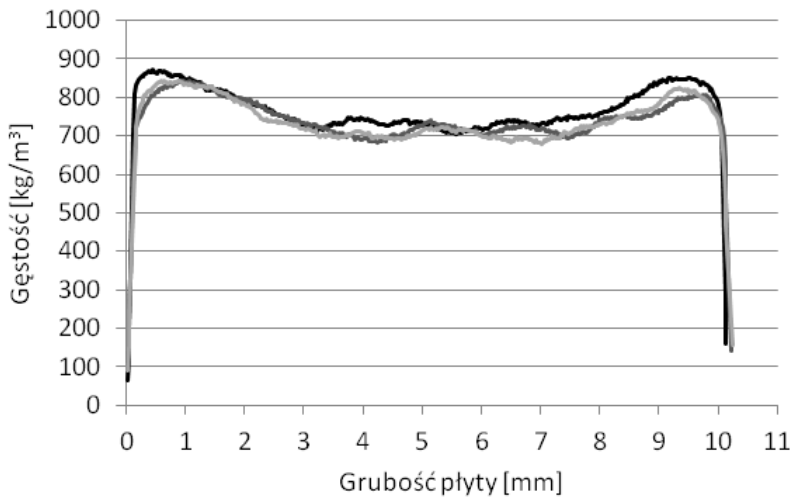
Próbki płyty o wymiarach 50 mm na 300 mm (po 10 sztuk na każdy wariant) poddano ekspozycji na oddziaływanie temperatur odpowiednio: -20 , 0 , $+20$, $+40$, $+60$, $+80$, $+100$ i $+120^{\circ}\text{C}$, przez 7 dni. Proces każdorazowo prowadzono przy ciśnieniu normalnym bez kontroli wilgotności względnej powietrza. Bezpośrednio po zakończeniu ekspozycji na oddziaływanie temperatury próbki były poddane badaniu wytrzymałości na zginanie statyczne i modułu sprężystości przy zginaniu statycznym zgodnie z normą PN-EN 310:1994. Do badań wytrzymałościowych wykorzystano aparat wytrzymałościowy wyprodukowany przez Ośrodek Badawczo Rozwojowy Przemysłu Płyt Drewnopochodnych Sp. z o. o. w Czarnej Wodzie. Dla porównania uzyskanych wyników średnich właściwości wytrzymałościowych przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANNOVA) przy wykorzystaniu oprogramowania Statistica.

Wyniki badań i analiza

Badane płyty charakteryzowały się gęstością w przedziale $701 - 771\text{ kg/m}^3$, przy czym niższe wartości gęstości odnotowano dla płyt poddanych oddziaływaniu wyższych temperatur. Jest to związane ze spadkiem wilgotności płyt, a co za tym idzie również ich masy. Wykorzystane do badań płyty charakteryzowały się typowym U kształtnym profilem gęstości (Rys. 1). Gęstość maksymalna warstw zewnętrznych płyt zawierała się

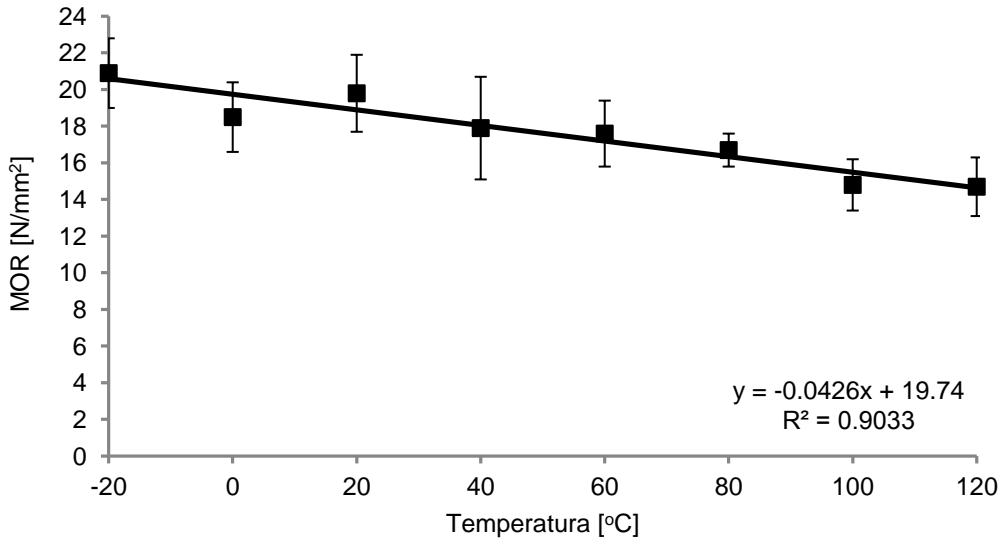
w przedziale 807 - 871 kg/m³, zaś gęstość minimalna w warstwie środkowej 680 - 706 kg/m³.

Zależność właściwości wytrzymałościowych od temperatury ekspozycji budowlanych płyt wiórowych przedstawiono na Rys. 2 i 3. W Tabeli 1 zestawiono procentowe zmiany parametrów wytrzymałościowych badanych płyt w stosunku do wartości wytrzymałości tych płyt uzyskanych przy temperaturze 20°C. W Tabeli 2 przedstawiono wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji zmian uzyskanych wartości wytrzymałości na zginanie statyczne i modułu sprężystości dla poszczególnych temperatur.

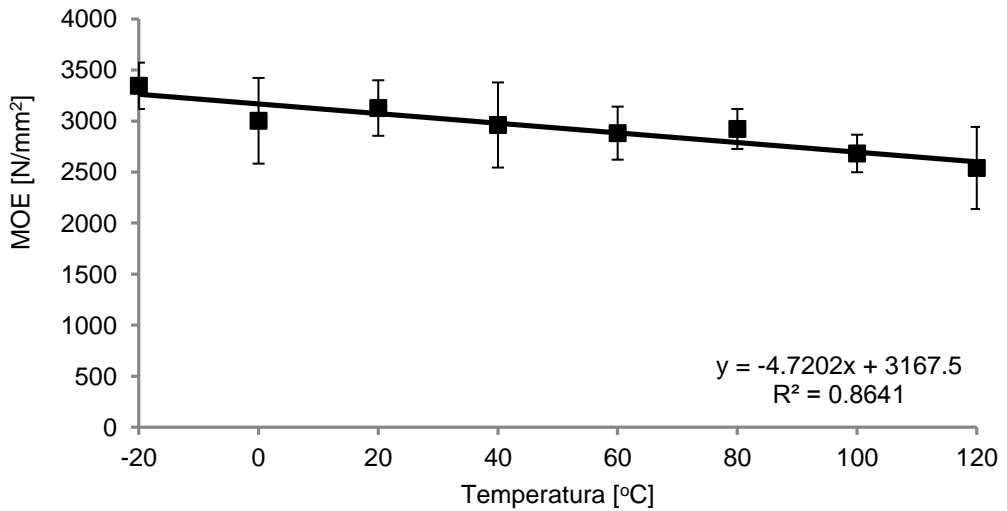


Rys. 1. Przykładowe profile gęstości badanych płyt wiórowych
Fig. 1. Sample density profiles of tested particleboards

Ogólnie można stwierdzić, że charakter uzyskanych zależności pokrywa się z wynikami dla płyt wiórowych prezentowanymi w literaturze (Bekhta i in. 2003, Sonderegger i Niemz 2006). Wzrost temperatury oddziałującej na badane płyty wiórowe wpłynął na spadek ich parametrów wytrzymałościowych (MOR i MOE). Odnotowane zależności mają charakter liniowy. Maksymalny spadek wartości wytrzymałości na zginanie statyczne (dla temperatur z zakresu od -20°C do +120°C) wynosił 30%, zaś w przypadku wartości modułu sprężystości 24%. Przyjmując jako punkt odniesienia wartości wytrzymałości uzyskane dla płyt przy temperaturze 20°C, spadki te wynosiły odpowiednio 26% dla wytrzymałości na zginanie statyczne i 19% dla modułu sprężystości (Tabela 1). Wartości te korespondują na ogół z danymi podawanymi w literaturze (Bekhta i in. 2003, Sonderegger i Niemz 2006). Należy jednak zaznaczyć, że dane literaturowe odnoszą się zazwyczaj do innych rodzajów płyt wiórowych poddanych oddziaływaniu temperatur w węższych zakresach zmienności temperatur oraz zdecydowanie krótszego czasu ekspozycji.



Rys. 2. Zależność MOR budowanych płyt wiórowych od temperatury ekspozycji
Fig. 2. Dependence of MOR of structural particleboards on exposure temperature



Rys. 3. Zależność MOE budowanych płyt wiórowych od temperatury ekspozycji
Fig. 3. Dependence of MOE of structural particleboards on exposure temperature

Tabela 1. Względne wartości badanych cech wytrzymałościowych (MOR i MOE) w odniesieniu do wartości płyt uzyskanych przy temperaturze 20°C

Table 1. Relative values of tested strength properties (MOR and MOE) in relation to the values of panels obtained at 20°C

Temperatura [°C]	Wytrzymałość na zginanie [%]	Moduł sprężystości [%]
-20	105	107
0	93	96
20	100	100
40	90	95
60	89	92
80	84	93
100	75	86
120	74	81

Tabela 2. Jednoczynnikowa analiza wariancji badanych cech wytrzymałościowych (MOR i MOE) w odniesieniu do temperatury ekspozycji (a, b, c, d, A, B, C, D - grupy jednorodne)

Table 2. One-factor analysis of variance of the tested strength characteristics (MOR and MOE) in relation to the exposure temperature (a, b, c, d, A, B, C, D - homogeneous groups)

Temperatura [°C]	Wytrzymałość na zginanie [N/mm ²]	Moduł sprężystości [N/mm ²]
-20	20,9 ^d	3344 ^D
0	18,5 ^{a b d}	3001 ^{B C D}
20	19,8 ^{b d}	3126 ^{C D}
40	17,9 ^{a b}	2960 ^{A B C D}
60	17,6 ^{a b}	2880 ^{A B C}
80	16,7 ^{a c}	2921 ^{A B C D}
100	14,8 ^c	2681 ^{A B}
120	14,7 ^c	2539 ^A

Biorąc pod uwagę odnotowane spadki parametrów wytrzymałościowych badanych płyt w stosunku do wartości wytrzymałości płyt uzyskanych przy temperaturze 20°C, należy stwierdzić, że statystycznie istotne różnice odnotowano dla temperatury 60°C w przypadku wytrzymałości na zginanie statyczne oraz dla temperatury 100°C w przypadku modułu sprężystości. Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 312:2010 badane, budowlane płyty wiórowe (typ P5) powinny charakteryzować się minimalną wytrzymałością na zginanie statyczne na poziomie 18 N/mm² zaś modułem sprężystości nie mniejszym niż 2550 N/mm². W odniesieniu do przeprowadzonych badań można stwierdzić, że wymagania wyżej wymienionej normy w zakresie wytrzymałości na zginanie statyczne spełniały płyty ekspozowane w temperaturach do 40°C, zaś w przypadku modułu sprężystości płyty ekspozowane w temperaturach do 100°C (Rys. 2 i 3, Tabela 2). Może to być o tyle istotne, że w trakcie użytkowania płyt w obiektach, szczególnie w okresie letnim, istnieje duże

prawdopodobieństwo poddania ich oddziaływaniu temperatur powyżej 40°C (Kozakiewicz i Matejak 2013).

Spadek wytrzymałości płyt w badanym zakresie temperatur wynika zarówno z ich oddziaływania na cząstki drzewne jak i spoiny klejowe. W trakcie ogrzewania płyt zachodzi skurcz elementarnych cząstek drzewnych wchodzących w skład płyty wiórowej, w efekcie czego mogą powstać w materiale mikropęknięcia osłabiające jego strukturę wewnętrzną. Green i in. (1999) podają, że trwałe zmiany wytrzymałości drewna na skutek oddziaływania podwyższonej temperatury są następstwem hydrolizy grup acetylowych i formylowych hemiceluloz, w efekcie czego powstaje kwas octowy i mrówkowy. Analogiczny proces degradacji materiału drzewnego jak i spoin klejowych zachodzi również w efekcie oddziaływania obecnych w spoinach pozostałości utwardzacza. W odniesieniu do żelowanego kleju należy zaznaczyć, że sama temperatura do 200°C nie wpływa na degradację spoin klejów UF i MF (Hirata i in. 1999).

Wnioski

Temperatura wpływa na właściwości elasto-sprężyste i tym samym na wytrzymałość drewna i tworzyw drzewnych, a obecność wilgoci wzmacnia ten efekt. W efekcie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Wzrost temperatury powoduje spadek właściwości mechanicznych wiórowej płyty budowlanej typ P5.
2. Wzrost temperatury w zakresie od -20°C do +120°C powoduje spadek wytrzymałości na zginanie statyczne średnio o 30% i spadek modułu sprężystości średnio o 26%.
3. Płyta wiórowa budowlana typ P5 spełnia warunki stawiane przez normę PN-EN 312: 2010 w odniesieniu do wytrzymałości na zginanie w zakresie temperatur od -20°C do 40°C, a w odniesieniu do modułu sprężystości w zakresie temperatur od -20°C do 100°C.

Literatura

Ayrilmis N., Buyuksari U., As N., 2010: Bending strength and modulus of elasticity of wood-based panels at cold and moderate temperatures. *Cold Regions Science and Technology* 63, 40-43.

Baumann R., 1922: Die bisherigen Ergebnisse der Holzprüfungen in der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart. Heft 231 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Berlin.

Bekhta P., Łęcka J., Morze Z., 2003: Short-term effect of the temperature on the bending strength of wood-based panels. *Holz als Roh- und Werkstoff* 61, 423-424.

Green D.W., Winandy J.E., Kretschmann D.E., 1999: Mechanical Properties of Wood - Chapter 4 in: *Wood handbook - wood as an engineering material*. Forest Products Laboratory USDA Forest Service. Madison, Wisconsin USA.

Hirata T., Kawamoto S., Okuro A., 1991: Pyrolysis of Melamine - Formaldehyde and Urea - Formaldehyde Resins. J. Appl. Polym. Sci., 42.

Kollmann F., 1940: Die mechanischen Eigenschaften verschieden feuchter Hölzer im Temperaturbereich von -200 bis + 200°C. Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens 403 (11), s. 1-18. VDI-Verlag. Berlin.

Kollmann F., 1942: Über das Gefrieren und den Einfluß tiefer Temperaturen auf die Festigkeit der Hölzer. Mitteilungen der Hermann-Göring-Akademie der Deutschen Forstwissenschaft. 2. Jahrgang, Band 1. J.D. Sauerländer Verlag. Fankfurt am Mein.

Kozakiewicz P., 2010: Wpływ temperatury i wilgotności na wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien wybranych rodzajów drewna o zróżnicowanej gęstości i budowie anatomicznej. Trzysta siedemdziesiąta pozycja serii - Rozprawy Naukowe i Monografie Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

Kozakiewicz P., Matejak M., 2013: Klimat a drewno zabytkowe - dawna i współczesna wiedza o drewnie. Wydanie IV - zmienione. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.

Sonderegger W., Niemz P., 2006: Der Einfluss der Temperatur auf die Biegefestigkeit und den Elastizitätsmodul bei verschiedenen Holzwerkstoffen. Holz als Roh- und Werkstoff 64, 385-591.

Vorreiter L., 1938: Biege- und Druckfestigkeit gefrorenen Fichtenholzes. Tharandter Forestl. Jahrbuch Bd. 89:491-510.

Wykaz norm

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

PN-EN 312:2010 Płyty wiórowe - Wymagania techniczne

Artykuł recenzowany / Reviewed paper

Opublikowany online / Published online: 16.12.2019