

Właściwości wyrobów budowlanych na bazie konopi

Dr Barbara Pietruszka, Zakład Fizyki Ciepłej, Akustyki i Środowiska, Instytut Techniki Budowlanej
 Mgr inż. Michał Gołębiowski, Wydział Architektury, Politechnika Warszawska

1. Wprowadzenie

Budowanie w sposób bardziej ekologiczny stało się powszechne nie tylko wśród deweloperów powierzchni biurowych, ubiegających się o certyfikaty LEED czy BREEAM, lecz znajduje zwolenników także pośród inwestorów prywatnych. Pomysł na wykorzystanie konopi w postaci kompozytu opartego na wapnie pojawił się w połowie lat 80. ubiegłego wieku we Francji, gdy podczas rewitalizacji starych budynków o konstrukcji drewnianej uzupełniono ubytki w ścianach wypełnionych naturalnymi materiałami, takimi jak ziemia, glina, wiklina i słoma. Beton konopny (ang. *hempcrete*, od słów „hemp” – konopie, „concrete” – beton) to materiał, który silnie wpisuje się w trendy wykorzystania zasobów odnawialnych i rozwoju budownictwa naturalnego. Beton konopny [1–9] charakteryzuje się dobrymi właściwościami izolacyjnymi, dobrą pojemnością cieplną, bardzo dobrą paroprzepuszczalnością, a po rozbiórce obiektu podlega rozkładowi.

Paździerz konopne były zwykle traktowane jako półprodukt odpadowy, gdyż konopie uprawiano głównie na nasiona i włókno, toteż zagospodarowanie tych odpadów ma pozytywny wydźwięk ekologiczny. Zainteresowanie betonem konopnym powinno zwiększyć popularność upraw konopi, gdyż będzie możliwość ich wykorzystania jako surowców lokalnych (jak obecnie słoma czy glina), co z kolei pozwoli ograniczyć koszty transportu paździerzy z dużych odległości. W przypadku rozbiórki budynku materiał może być ponownie wykorzystany, np. poprzez ponowne jego wymieszanie z wodą i dodatkiem spoiwa, lub jako sucha podsypka podłogowa. Same paździerze konopne z wapnem mogą również być wykorzystane jako nawóz w rolnictwie, gdzie poddane działaniu środowiska atmosferycznego ulegną biodegradacji, rozwiązując problem składowania odpadów.

2. Izolacje cieplne na bazie konopi

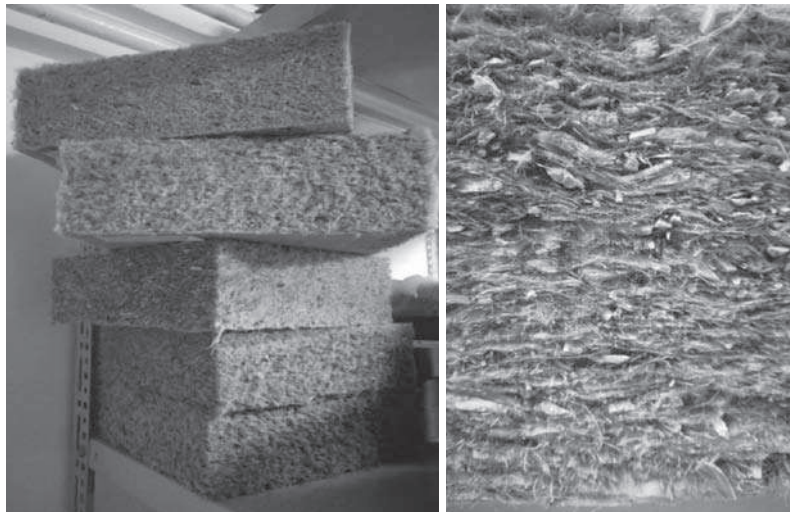
W latach ubiegłych w Zakładzie Fizyki Ciepłej, Akustyki i Środowiska ITB podjęto badania właściwości cieplno-wilgotnościowych

Rys. 1. *Próbki maty izolacyjnej z włókien konopnych (zdjęcie własne autora)*

materiałów izolacyjnych na bazie konopi (rys. 1). Wśród materiałów dostępnych wtedy (i dziś) na rynku, przebadano 2 rodzaje izolacji cieplnej na bazie włókien konopnych w postaci maty [10–12]. Szczegółowe informacje o uzyskanych wtedy wynikach były prezentowane podczas wcześniejszych konferencji „Ekologia a Budownictwo” [10, 11]. Materiały te charakteryzują się gęstością ok. 90 kg/m^3 , współczynnikiem przewodzenia ciepła wynoszącym ok. $0,046 \text{ W/(mK)}$ i niskim współczynnikiem oporu dyfuzyjnego ($\mu = 2$). Głównym miejscem zastosowania tych materiałów są pomieszczenia, gdzie istotne jest stworzenie możliwości regulacji wilgotności powietrza. Maty izolacyjne z włókien konopi mogą być stosowane zarówno do starych, jak i do nowych budynków jako izolacja: przestrzeni pomiędzy elementami konstrukcyjnymi dachów, stropów, podłóg, ścian wewnętrznych i zewnętrznych.

3. Beton konopny (hempcrete)

W literaturze anglojęzycznej spotyka się różne określenia i nazwy nadawane temu materiałowi m.in.: *hempcrete*, *hemp concrete*, *hemp-lime*, natomiast w Polsce powszechnie stosowane określenia to beton konopny lub kompozyt wapienno-konopny. Omawiany kompozyt składa się z trzech podstawowych składników: spoiwa, które stanowi głównie wapno, wypełniacza, którym są paździerze konopne, oraz wody. Do wytworzenia betonu konopnego możliwe jest zastosowanie zarówno różnych rodzajów spoiw wapiennych – przede wszystkim wapna hydratyzowanego, które



Rys. 2. Konopie i paździerz odmiany Białobrzeskiej (zdjęcie własne autora)

jest zazwyczaj modyfikowane dodatkami, takimi jak cement portlandzki czy pucolany (np. popiół lotny lub pyły krzemionkowe), jak też użycie różnych frakcji paździerzy konopnych (najczęściej paździerz mają około 5–35 mm długości). Stosuje się też różne proporcje poszczególnych składników kompozytu. Ponieważ konopie to surowiec lokalny i sezonowy, a do wytwarzania materiału stosuje się różne mieszanki spoiw oraz różne urządzenia, trudno precyzyjnie określić dokładną procedurę produkcji betonu konopnego – w literaturze znajdziemy jedynie ogólne wytyczne co do procesu jego wytwarzania. W procesie produkcji możemy uzyskać różnej wielkości bloczki (podobne do cegły lub pustaka), które mogą być wykonywane ręcznie na placu budowy (materiał jest ubijany w odpowiedniej formie) lub uprzednio prefabrykowane w fabryce w sposób zmechanizowany. Mieszaninę konopi, wapna i wody można też po wymieszaniu do uzyskania jednolitej masy umieszczać w szalunku (podobnie do betonu) i poddawać lekkiej manualnej kompresji lub nanosić na jednostronny szalunek za pomocą natryskarek, jednak ten ostatni sposób jest droższy i w Polsce raczej trudno dostępny.

3.1. Właściwości termoizolacyjne betonu konopnego

Z danych literaturowych oraz wyników badań wykonanych w Zakładzie Fizyki Ciepłej, Akustyki i Środowiska ITB [13, 14] wynika, że beton konopny jest dobrym materiałem izolacyjnym. Wartości współczynnika przewodzenia ciepła badanych betonów konopnych zawierają się w przedziale od ok. 0,07 do ok. 0,14 W/(mK), w zależności od rodzaju uzyskanego wyrobu (jego składu, gęstości czy zawartości wilgoci w produkcie finalnym). Dla badanych wyrobów uzyskano wartość współczynnika oporu dyfuzyjnego $\mu < 30$.

Do przygotowania próbek betonu konopnego poddanych badaniom w Zakładzie Fizyki Ciepłej ITB wykorzystano paździerz konopny produkowany w Polsce w województwie podlaskim z Białobrzeskiej odmiany konopi [6–8].



Użyto spoiwa europejskiego producenta Tradical PF 70 (75% – wapno hydratyzowane, 15% – spoiwa hydrauliczne, 10% – pucolany oraz inne składniki w mniejszych ilościach) oraz spoiw ogólnodostępnych w proporcjach: 75% – wapno hydratyzowane, 15% – wapno hydrauliczne i 10% – cement CEM II/B-V 42,5 N. Procedura wykonywania mieszanki polegała na zmieszaniu spoiwa z wodą, dodaniu paździerzy konopnych i dalszym mieszaniu aż do uzyskania jednolitej masy. Próbkę formowano mechanicznie, zagęszczając mieszankę w formie poprzez ugniatanie ręczne i ubijanie za pomocą drewnianego ubijaka. Próbkę rozformowywano po ok. 2 godz., a następnie sezonowano w komorze klimatycznej w temperaturze ok. 18°C i wilgotności względnej ok. 75% przez 28 dni i w temperaturze ok. 23°C i wilgotności względnej ok. 55% przez kolejne 72 dni.

Gęstości objętościowe próbek betonu konopnego wynikały z zastosowanej techniki wytworzenia: w procesie ręcznego zagęszczania udało się uzyskać maksymalną gęstość wynoszącą ok. 750 kg/m³, natomiast przy gęstości poniżej ok. 550 kg/m³ próbki rozsypywały się, dlatego też można przyjąć, że wartość pośrednia gęstości próbki (ok. 650 kg/m³) jest najbardziej zbliżona do rzeczywistej przegrody wykonywanej tą metodą w warunkach budowy. Po wysuszeniu próbek, na skutek odparowania znacznej ilości wody, badane kompozyty uzyskały gęstości w zakresie od 310 kg/m³ do 410 kg/m³, co oznacza, że wyprodukowane próbki były niemal dwukrotnie lżejsze niż bezpośrednio



Rys. 3. Próbkę kompozytu konopno-wapiennego (zdjęcie własne autora)

po uformowaniu. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że wartości współczynnika przewodzenia ciepła kompozytów rosną wraz ze wzrostem jego gęstości (większe zagęszczenie materiału skutkuje mniejszą ilością pustek między cząsteczkami), a zależność ta ma charakter zbliżony do liniowego. Wyniki uzyskane w badaniach [14] były zbliżone do wartości podawanych w literaturze.

3.2. Zastosowanie betonu konopnego

Ze względu na właściwości mechaniczne betonu konopnego (kluczowym parametrem jest wytrzymałość materiału) standardowe kompozyty z konopi i wapna nie są zazwyczaj proponowane jako elementy nośne konstrukcji, lecz jako jej wypełnienie. Zgodnie z danymi literaturowymi [6–8] odporność na ściskanie wynosi najczęściej 0,1–1,2 MPa, gdy dla porównania wytrzymałość cegły ceramicznej wynosi przynajmniej 3,5 MPa. W opracowaniach naukowych podaje się wyniki badań, według których dodatek cementu portlandzkiego (CEM II) umożliwił uzyskanie wytrzymałości na ściskanie równej ok. 3,2 MPa (po 28 dniach sezonowania materiału), co pozwalałoby taki materiał zastosować jako element konstrukcyjny, jednak w większości przypadków beton konopny nie jest wystarczająco wytrzymały, aby w swej podstawowej formie pełnił taką funkcję. Beton konopny sprawdza się natomiast jako materiał do wypełnienia ścian oraz do wykonywania warstw izolacyjnych ścian i innych przegród w budynku.

Typowa gęstość betonu konopnego dla ścian wynosi ok. 350 kg/m³ (po wysuszeniu), natomiast stosując materiał jako izolację termiczną dachu, ściany czy podłogi, należy modyfikować proporcje użytych składników, tj. paździerzy konopnych i spoiwa, co wpływa na wytrzymałość i właściwości termiczne końcowego wyrobu. Ze względu na dobre właściwości izolacyjne i elastyczność oraz sposób aplikacji możliwa jest także poprawa parametrów cieplnych obiektu poprzez ograniczenie lub eliminację mostków termicznych w konstrukcji.

Po wypełnieniu ścian beton konopny pozostawia się na kilka tygodni (ok. 2–4), aby wysechł i całość poddaje wykończeniu poprzez zastosowanie odpowiednich paroprzepuszczalnych tynków (wapiennych, glinianych, gipsowych) czy też drewnianych lub wykonanych z innych materiałów okładzin elewacyjnych (pamiętając o konieczności pozostawieniu przegrody otwartej dyfuzyjnie).

Ze względu na obecność spoiwa wapiennego kompozyt jest środowiskiem alkalicznym, odpornym na rozwój korozji biologicznej. Pamiętać jednak należy, że nieodpowiednie warunki podczas wysychania przegród (prace nie powinny być prowadzone w niskich temperaturach czy też przy wysokiej wilgotności powietrza) mogą skutkować korozją. Zasadne jest indywidualne podejście do doboru spoiwa, np. aby zbyt duża ilość cementu w mieszance nie spowodowała uszczelnienia przegrody, a tym samym utrudnienia dyfuzji pary wodnej, co może dalej prowadzić do kondensacji w przegrodzie

i rozwoju pleśni. W prawidłowo dobranej i wykonanej mieszance wszystkie paździerze konopne powinny być otoczone powłoką spoiwa wapiennego, co pozwala uzyskać sztywne, odporne na działanie ognia i korozję kompozyt.

4. Podsumowanie

Wykorzystywanie konopi w budownictwie na szerszą skalę będzie miało szansę powodzenia również w Polsce, jeśli powiększone zostaną tereny upraw konopi przemysłowych oraz rozwinię się zaplecze technologiczne do zbioru i przerobu słomy konopnej na cele budowlane. Budowanie z betonu konopnego, podobnie jak ze słomy, znajduje swoich zwolenników, ceniących nie tylko walory ekologiczne, cieplno-wilgotnościowe, biologiczne (zahamowanie rozwoju pleśni i grzybów czy szkodliwych mikroorganizmów). Budownictwo z konopi może stać się także opłacalne ze względu na cenę surowców i łatwość użycia.

By ten rodzaj budownictwa mógł się upowszechnić, potrzeba oczywiście czasu. Na chwilę obecną, zastosowanie mieszanki wapna i konopi doskonale sprawdza się w remontach starych budynków o konstrukcji drewnianej.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bevan R., Woolley T., Hemp Lime Construction: A Guide to Building with Hemp Lime Composites, Bracknell., 2010
- [2] Allin S., Building with hemp. Ireland: Seed Press, 2012
- [3] Benfratello S., Capitano C., Peri G., Rizzo G., Scaccianoce G., Sorrentino G., Thermal and structural properties of a hemplime biocomposite, Construction and Building Materials 48/2013, str. 745–754
- [4] Cerezo V., Proprieties mecaniques, theramiques et acoustiques d'un materiau a base de particules vegetales: approche experimentale et modelisation theorique. Report. Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2005
- [5] Elfordy S., Lucas F., Tancret F., Scudeller Y., Goudet L., Mechanical and thermal properties of lime and hemp concrete (hempcrete) manufactured by a projection process, Construction and Building Materials 22/2008, str. 2116–2123
- [6] Gołębiowski M., Kompozyty konopno-wapienne (hempcrete), Materiały Budowlane 7/2016, str. 91–94, DOI: 10.15199/33.2016.07.29
- [7] Gołębiowski M., Rola kompozytów konopno-wapiennych w rozwoju zrównoważonego budownictwa, Materiały Budowlane 8/2017, str. 197–199, DOI: 10.15199/332017.08.56
- [8] Gołębiowski M., Adamczewski G., Wytrzymałość na ściskanie kompozytów konopno-wapiennych wytworzonych metodą ubijania, Materiały Budowlane 9/2018, 2017
- [9] Walker R., Pavia S., Moisture transfer and thermal properties of hemp-lime concretes, 2014
- [10] Kaczorek D., Pietruszka B., Ocena materiałów z surowców naturalnych pochodzenia roślinnego jako materiałów izolacyjnych, Ekologia a budownictwo, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2016, str. 99–122
- [11] Wasilewska A., Pietruszka B., Słoma w ekobudownictwie, Ekologia a budownictwo, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2016, str. 353–364
- [12] Wasilewska A. W., Pietruszka B. L., Materiały naturalne w ekobudownictwie, Przegląd Budowlany 10/2017, str. 50–53
- [13] Pietruszka B., Gołębiowski M., Lisowski P., Characterization of hemp-lime bio-composite/W: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, tom 290, 012027, str. 1–9
- [14] Gołębiowski M., Pietruszka B., Współczynnik przewodzenia ciepła kompozytów konopno-wapiennych wytworzonych metodą ubijania, Materiały Budowlane 8/2019, str. 61–63. DOI: 10.15199/33.2019.08.09.