Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wydział Leśny i Technologii Drewna

Katedra Mechanicznej Technologii Drewna

mgr inż. Adrian Trociński

Właściwości fizykochemiczne płyt z włókien konopnych (*Canabis Stativa* L.) wiązanych spoiwami gipsowymi

Praca doktorska

Promotor
prof. dr hab. Radosław Mirski

Poznań, maj 2023

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było zbadanie możliwości wykorzystania długich włókien konopnych (*Canabis sativa* L.), pozyskiwanych w wyniku mechanicznego roszenia i zaklejanych spoiwami gipsowymi. Wytworzone tworzywa poddane zostały porównaniu do materiału referencyjnego, jakim była przemysłowa płyta kartonowo-gipsowa. Za włókna długie uznano włókna których długość jest większa od 5mm, co wynika z założenia, że podstawowa długość włókien drzewnych stosowanych w produkcji płyt pilśniowych wynosi 1,5 – 5 mm. Ponadto za hipotezę badawczą stanowiło przypuszczenie, iż możliwe jest połączenie włókien konopi za pomocą spoiw gipsowych, które będą spełniać rolę czynnika wiążącego strukturę. Natomiast innowacyjny aspekt pracy stanowi dobór optymalnego promotora adhezji, zależnie od rodzaju użytego spoiwa.

Aby zrealizować określone cele badania zostały podzielono na trzy działy. Badania pomiarowe materiałów użytych w pracy, badania dotyczące określenie właściwości fizyko-mechanicznych wytworzonych kompozytów włóknisto gipsowych oraz badania chemiczne określające.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że włókna dłuższe niż 10 cm okazały się praktycznie niemożliwe do wprowadzenia do matrycy gipsowej. Korzystne układy uzyskano stosując włókna o długości 20 mm – 50 mm. Natomiast ilość wprowadzanego włókna nie powinna przekraczać 4%. Ze względu na strukturę włókien, ich cechy sorpcyjne oraz brak powinowactwa chemicznego nie dochodzą do samoistnego spajania włókien z matrycą gipsową. Niezbędne okazało się wprowadzenie do mieszaniny włóknisto-gipsowej promotorów adhezji. Czas wiązania spoin gipsowych zależy od dwóch czynników: wysokości współczynnika wodno-gipsowego oraz zawartości wprowadzonych włókien konopnych. Włókna konopne dłużej oddają wilgoć niż matryca gipsowa, co z kolei wpływa na wydłużenie czasu wiązania wytworzonych kompozytów. Zawartość włókien konopnych w wytworzonych kompozytach włóknisto-gipsowych wpływa na maksymalną wysokość przyrostu temperatury reakcji egzotermicznej podczas hydratacji wytwarzanych płyt. Wraz ze wzrostem zawartości włókien konopnych wydłuża się również czas, w jakim reakcja egzotermiczna osiąga maksymalną temperaturę. Gęstość kompozytów włóknisto-gipsowych niezależnie od rodzaju gipsu, maleje wraz ze wzrostem zawartości włókien konopnych. Kompozyty włóknisto-gipsowe wytworzone na bazie gipsu syntetycznego charakteryzują się gęstością wyższą od tożsamych wytworzonych na bazie gipsu budowlanego. Zbadana gęstość radiacyjna wytworzonych kompozytów włóknisto-gipsowych niezależnie od rodzaju użytego gipsu maleje

wraz ze wzrostem zawartości włókien wprowadzonych do struktury płyt, co potwierdza powyższe obserwacje. Włókna nie modyfikowane charakteryzują się najwyższą nasiąkliwością, a przebieg pochłaniania wody w trakcie pierwszych 30 minut jest najbardziej intensywny. Najniższą nasiąkliwością charakteryzują się włókna impregnowane żywicą pMDI. Jednakże użycie tak impregnowanych włókien jest kłopotliwe w równomiernym wprowadzaniu włókien do zaczynu.

W wytworzonych w warunkach laboratoryjnych kompozytach włóknisto-gipsowych długość włókien, z których zostały wytworzone tylko w nieznacznym stopniu wpływają na wytrzymałość na zginanie statyczne. Najwyższą wytrzymałością na zginanie statyczne charakteryzują się warianty wytworzone z włókien o długości 50 mm. Wprowadzanie włókien konopnych do matrycy z gipsu budowlanego powoduje wzrost wytrzymałości na zginanie statyczne aż do 4% zawartości włókien w stosunku do suchej masy gipsu. Dalsze zwiększanie zawartości włókien w wytworzonych kompozytach powoduje zmniejszenie wytrzymałości na zginanie statyczne. W przypadku kompozytów wytworzonych na bazie gipsu syntetycznego wytrzymałość na zginanie statyczne maleje wraz ze wzrostem zawartości włókien konopnych. Użycie do wytworzenia kompozytu włóknisto-gipsowego włókien poddanych impregnacji gruntem głęboko penetrującym powoduje wzrost o blisko 40% wytrzymałości na zginanie statyczne oraz o blisko 30% wytrzymałość na rozciąganie równoległe do płaszczyzn. Wytrzymałość na rozciąganie równoległe do płaszczyzn kompozytów włóknisto-gipsowych wytworzonych na bazie gipsu syntetycznego maleje wraz ze wzrostem zawartości włókien konopnych w strukturze płyty. Odwrotną tendencję zaobserwowano w przypadku kompozytów włóknisto-gipsowych na bazie gipsu budowlanego, gdzie wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzn rośnie wraz z udziałem włókien konopnych w strukturze. Określono również, iż wzrost temperatury otoczenia podczas procesu twardnienia płyt powoduje obniżenie wytrzymałość wytworzonych kompozytów włóknisto-gipsowych. Najwyższą wytrzymałością na zginanie statyczne charakteryzują się kompozyty, których proces twardnienia przebiegał w 20°C.

Summary

The aim of thesis was to investigate the possibility to use long hemp fibers (*Canabis sativa* L.), obtained by mechanical retting for the production of hemp fibers-gypsum composites. The properties of produced boards were compared to the reference material, which was a commercially available plasterboard. Long fibers are considered to be fibers with a length greater than 5 mm, which results from the assumption that the length of wood fibers commonly used for the production of fiberboards is ranging from 1.5 to 5 mm. In addition, the research hypothesis was the assumption that it is possible to bond hemp fibers with gypsum which will act like a binding agent providing the structure of boards. The innovative aspect of presented work is the selection of the optimal adhesion promoter, depending on the type of binding agent used.

In order to achieve these objectives, the research plan was divided into three sections. Dimensional characterization of the material used in the work, investigations conducted to determine the physical and mechanical properties of the manufactured fiber-gypsum composites and chemical experiments.

As a result of the performed investigations, it was found that fibers longer than 10 cm turned out to be practically impossible to introduce into a gypsum matrix. Variants with favourable features were obtained by using fibers with a length of 20 mm – 50 mm. However, the amount of fibers added should not exceed 4%. Because of the structure of the fibers, their sorption properties and the lack of chemical compatibility, they do not bond effectively with the gypsum matrix. Therefore, it was necessary to implement the adhesion promoters to the fiber-gypsum mixture. Its setting time depends on two factors: the level of water to gypsum ratio and the content of hemp fibers introduced. Hemp additive release moisture longer than the gypsum, which in turn extends the setting time of the produced composites. Moreover, the content of fibers significantly affects the maximum height of the exothermic reaction temperature during the hydration of boards. As hemp fibers content increases, the time needed for the exothermic reaction to reach its maximum temperature also increases. The density of the fiber-gypsum composites, regardless of the type of gypsum, decreases with the increase in the content of introduced hemp fibers. The use of synthetic gypsum leads to the production of composites characterized by a higher density than those made from building gypsum. Furthermore, determined radiation density of the manufactured composites, regardless of the type of gypsum used, also decreases with the increase in the content of fibers introduced to the board structure, which confirms the previous observations. Unmodified fibers are characterized by the highest water absorption which is the most intense during the first 30 minutes. Fibers

impregnated with pMDI resin have the lowest water absorption. However, the use of such impregnated material causes a difficulties in introducing the fibers uniformly into a gypsum grout.

In the case of fibers-gypsum composites produced in the laboratory conditions, the length of the fibers only slightly affects their static bending strength and the variants made of 50 mm long fibers reached the highest values. Moreover, incorporating hemp fibers into a gypsum matrix in the amount up to 4% increases the static bending strength of manufactured composites. A further increase in the fibers content results in a decrease in the static bending strength. Furthermore, in the case of composites based on synthetic gypsum, the values of static bending strength decrease with the increase in the content of introduced fibers. The use of fibers impregnated with a deep penetrating priming emulsion to produce the fibers-gypsum composite increases the static bending strength by nearly 40% and the tensile strength by nearly 30%. The tensile strength of the of manufactured composites made of synthetic gypsum decreases with the increase in the content of hemp fibers in their structure. The opposite tendency was observed in the case of fibers-gypsum boards based on building gypsum, where the tensile strength increases with the share of hemp fibers. It was also determined that the increase in ambient temperature during the setting process of boards causes a decrease in the strength of the resultant composites. The highest values of static bending strength were observed for composites whose setting process took place at 20°C.