

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242566 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **431543**

(22) Data zgłoszenia: **2019.10.21**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.05.04 BUP 09/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.03.13 WUP 11/2023**

(51) MKP:

E04C 2/18 (2006.01)

E04C 3/29 (2006.01)

B27N 3/06 (2006.01)

B32B 21/02 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**UNIwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
Poznań, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

Radosław Mirski, Śrem, PL

(74) Pełnomocnik:

Bartłomiej Fijałkowski, Łódź, PL

(54) Tytuł:

Wzmacniana belka konstrukcyjna i sposób jej wytwarzania

PL 242566 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest wzmacnianie belki konstrukcyjna i sposób jej wytwarzania.

Szeroko pojęte budownictwo, zwłaszcza jednorodzinne, ciągle korzysta z drewna jako jednego z podstawowych materiałów stosowanych w konstrukcji dachów czy stropów. Ponadto obserwowany w ostatnich latach zwrot w kierunku budownictwa ekologicznego i energooszczędnego, spowodowały wyraźny rozwój budownictwa drewnianego na świecie. Szczególnie wyraźny wzrost zainteresowania zaobserwowano w przypadku budownictwa o wysokim stopniu prefabrykacji. Najbardziej popularną metodą małogabarytowego budownictwa drewnianego jest technologia lekkiej konstrukcji szkieletowej tzw. domów kanadyjskich.

W świecie stosowanych jest obecnie wiele nowoczesnych systemów opartych na prefabrykowanych elementach z materiałów drewnopochodnych, które są alternatywą do technologii murowanej. Niemniej niezależnie od stosowanej technologii zapotrzebowanie na drewno konstrukcyjne ciągle wzrasta, przy praktycznie stałym lub nieznacznym wzroście pozyskania drewna. Przy pozyskaniu materiałów tartacznych z przeznaczeniem na lite drewno konstrukcyjne wydajność procesu jest stosunkowo niska, wynosi bowiem około 50% – 70% oraz wytrzymałość tak pozyskanej tarcicy jest znacznie niższa niż wytrzymałość charakterystyczna (laboratoryjna) dla danego gatunku drewna. Ponadto z trzech klas sortowniczych, drewna najwyższej klasy (klasa wyborowa) pozyskuje się od 3% do 6%. Z tych też względów powstają nowe rozwiązania pozwalające na zwiększenie nośności konstrukcyjnych elementów z drewna lub pozwalające na wykorzystanie drewna niższych klas jakości w produkcji nośnych elementów konstrukcyjnych. Przykładami tego typu rozwiązań jest drewno konstrukcyjne klejone warstwowo (niem. BSH – Brettschichtholz, ang. GLULAM – Glued Laminated Timber) lub konstrukcyjne materiały inżynierskie z drewna (Structural Composite Lumber (SCL), w skład których wchodzi LVL (Laminated Veneer Lumber), PSL (Parallel Strand Lumber), LSL (Laminated Strand Lumber) czy OSL (Oriented Strand Lumber). W przypadku drewna klejonego warstwowo następuje eliminacja wad drewna i sklejenie następnie wysokiej jakości elementów ze sobą zarówno na długość, jak i na wysokość. Materiały inżynierskie mogą powstawać z drewna o podobnych przekrojach (średnicy) do drewna tartaczego lub o mniejszych przekrojach. W pierwszym przypadku materiały te powstają w efekcie sklejanie fornirow lub pasm fornirow (pozyskiwana łuszcza jest sortowana celem eliminacji wad) i ich sklejanie ze sobą (LVL, PSL). W drugim natomiast poprzez sklejenie specyficznej jakości wiórów pasmowych (LSL, OSL). LSL wytwarzane jest z drewna osiki lub innego drewna topolowego z pasm o długości około 12" (305 mm) i grubości 2 mm oraz szerokości około 20 mm. Stopień smukłości (stosunek długości do grubości pasm) wynosi około 150. OSL wytwarzane jest z krótszych pasm, długości około 150 mm i smukłości około 75. Cechą wspólną tych tworzyw jest równoległe ułożenie wszystkich lub większości pasm do głównej osi elementu.

Płyty lub belki nie mają wspólnego standardu produkcji i wspólnych wartości projektowych. Ogólnie wymiary wykorzystywanych pasm oraz gatunek drewna z jakiego są pozyskiwane są z jednej strony utajnione przez danego producenta, z drugiej zaś strony dostępna literatura wskazuje na wykorzystanie pasm o długości od kilku do kilkunastu centymetrów. Wykorzystywane wióry są zatem zbliżone do wiórów wykorzystywanych w produkcji płyt OSB (Oriented Strand Board), zatem płyty te mogą być wytwarzane na tych samych liniach technologicznych (Malanit i in. 2005). Z jakością wiórów, a przede wszystkim ze wzrostem wymiarów liniowych, głównie długości i relacji długości do grubości, wzrastają właściwości mechaniczne wytwarzanych tworzyw drzewnych (Post 1958, Barnes 2000 i 2001, Suzuki i Takeda 2000). Zmniejszając zatem wymiary liniowe wiórów z jednej strony poprawia się efekt ekonomiczny produkcji (można stosować niższej jakości drewno), z drugiej zaś strony obniża się parametry mechaniczne wytworzonych tworzyw. Niższe właściwości w wielu przypadkach eliminują te produkty z użycia ich w bardziej wymagających zastosowaniach. Jednym ze sposobów zwiększenia nośności czy też sztywności jest wzmacnianie materiałów o mniejszej sztywności i niższych właściwościach, materiałami o wyższych właściwościach. W przypadku drewna litego następuje najczęściej wklejanie elementów stalowych (prętów, płaskowników) lub z włókna węglowego (taśmy, pręty) w strefy poddawane rozciąganiu. Wzmacnianie może polegać na doklejeniu w pasie rozciągającym taśmy stalowej lub z innego tworzywa lub może polegać na nacinaniu (frezowaniu) rowków pod zbrojenie, a następnie wklejenie w to miejsce zbrojenia. Doklejenie lub wklejenie zbrojenia może dotyczyć również kompozytów drzewnych wcześniej omawianych. Maradpour (Maradpour i in. 2017) wskazuje na możliwość wzmacniania LSL taśmami GFRP.

Wzmacnianie elementów konstrukcyjnych poprzez nacinanie rowków i w to miejsce wklejanie zbrojenia jest kłopotliwe i czasochłonne. O ile jednakże w przypadku litego drewna nie ma innej możliwości, to w przypadku tworzyw drzewnych istnieje możliwość wprowadzenia zbrojenia już na etapie produkcji.

Przemysł zaczął stosować płyty, w których trociny i pył drzewny przesączane są co raz silniejszymi klejami, jakich skład z uwagi na wydzielane rozpuszczalniki wymusza dodatkowe zabezpieczenia przeciwogniowego oraz sezonowania płyt. Znaczna ilość kleju powoduje także wzrost wagi, który wpływa na koszty obróbki i transportu.

Cechy takie zapewnia się poprzez umieszczenie w strukturze płyty lub na jej powierzchni warstwy barierowej. Płyta taka ukazana została w opisie patentu JP2009034898, w jakim na drewnianym lub drewnopochodnym podłożu laminuje się warstwy niepalne lub odbijające promieniowanie podczerwone. W tym konkretnym przypadku zalecanymi warstwami są warstwy płyty niepalnej, folii aluminiowej oraz wierzchniej warstwy papieru z nadrukiem.

Z kolei opis wynalazku JPH1037346 ujawnia niepalny kompozyt na bazie materiału roślinnego, w którym także zastosowano warstwy uodparniające na wysokie temperatury laminowane na powierzchni drzewnego rdzenia.

Niekiedy płyty modyfikuje się także w celu zabezpieczenia ich przed wilgocią. W opisie wynalazku JPH09221832 powierzchnię płyty drewnopochodnej pokrywa się folią aluminiową, przyklejając ją do jej powierzchni, natomiast przeciwległa płaszczyzna pokrywana jest żywicą syntetyczną uodparniającą na wilgoć.

Znane są także płyty drewniane i drewnopochodne o konstrukcji warstwowej, w których kolejne warstwy laminatu/kompozytu drewna układa się i skleja się układając słoje w prostych kierunkach. Pozwala to zniwelować skutki wypaczania się drewna w skutek zmian wilgotności.

Z opisu patentowego EP1260648 znana jest belka, w której strukturę wprowadzone są pręty wzmacniające, a którą wykonuje się tak, że co najmniej jedną deskę lub płytę frezuje się uzyskując co najmniej jeden wzdłużny rowek, w jaki następnie wlewa się spoiwo – cement, a następnie umieszcza się w nim pręt wzmacniający.

Znana jest także belka według patentu PL 224876, w której strukturze umieszczone są syntetyczne wzmocnienia zlokalizowane pomiędzy warstwami belki.

Znana jest także belka według polskiego wzoru użytkowego 63838, która w warstwie rozciąganej posiada wybrania, w jakich umieszczone są spiralne pręty wzmacniające.

Znany jest także dokument patentowy EP1581705 w jakim ujawniono zbrojenie umieszczone pomiędzy warstwami laminatu, które wzmacnia belkę w strefie rozciąganej.

Proponowane rozwiązanie pozwala na wzmacnianie płyt powstałych z wiórów przeznaczonych do produkcji płyt OSB, a także wiórów odpadowych lub niskiej jakości, jednakże ukierunkowanych wzdłuż głównej osi, a przeznaczonych do wykorzystania jako elementy konstrukcyjne, głównie w formie belek.

Wzmacniana belka konstrukcyjna uformowana jest z wiórów drzewnych niefrakcjonowanych lub korzystnie frakcjonowanych, o korzystnie następującym składzie frakcyjnym tj. frakcji: pozostającej na sicie o oczku 18 x 18 mm (oznaczenie WA), przechodzącej przez to sito, ale pozostającej na sicie o oczku 10 x 10 mm (oznaczenie WB) oraz przechodzącej przez oczka 10 x 10 mm, ale pozostającej na sicie o oczkach 0,5 x 0,5 mm (oznaczenie WC). Frakcje te stanowią do 98% ogólnej masy wiórów tworzących kobierzec płyty. Przy czym najkorzystniej gdy kobierzec składa się z mieszaniny tych wiórów lub tylko z frakcji WB, a mieszanina wiórów powinna być tak przygotowana, aby udział frakcji WC był zbliżony do udziału frakcji WA, przy czym różnica udziału frakcji WC i WA nie jest większa niż 10%–20%, korzystnie, gdy frakcji WA jest więcej niż WC. Korzystnie, gdy pozyskane wióry należą tylko do frakcji WB.

Wióry zaklejone są klejem, korzystnie na bazie fenolu lub melaminy, korzystnie wybranym spośród PF, MUF lub pMDI, korzystnie pMDI, a ich wilgotność przed prasowaniem może być jednakowa dla wszystkich frakcji i wynosi od 4 do 12%. Przy czym stopień zaklejenia dla frakcji WA wynosi od 2% do 6%, korzystnie 4%, a pozostałych frakcji zawarty jest w przedziale od 3% do 8%) i wynosi korzystnie 5%. Korzystnie, gdy wilgotność wiórów przeznaczonych na warstwy zewnętrzne jest wyższa 2–4% od wilgotności wiórów przeznaczonych na warstwy wewnętrznej. Przy czym korzystnie, gdy płyty wytworzone są co najmniej jako kilkuwarstwowe, korzystnie jako trójwarstwowe w układzie masowym warstw 1:2:1. Przy czym z uzyskanych po przesianiu frakcji wiórów wytworzone są warstwy kobierca, a pomiędzy co najmniej dwoma warstwami kobierca umieszczone jest zbrojenie w postaci:

- prętów stalowych lub polimerowych o wysokim promieniu gięcia,

- prętów gwintowanych – niegładkich,
- linek stalowych, polimerowych lub mieszanych.

Korzystnie, gdy średnica prętów lub linek umieszczonych w kobiercu wynosi od 2 mm do 25 mm, korzystnie 5 mm – 16 mm. Korzystnie gdy zbrojenie jest wstępnie naprężone siłą nie mniejszą niż 1600 N +/- 10%, korzystnie, gdy siła z jaką zbrojenie jest wstępnie naprężone jest taka, że naprężenie zbrojenia zbliżone było do nominalnego modułu sprężystości. Moduł sprężystości użytego zbrojenia przed procesem prasowania wynosi co najmniej 0,9 wartości nominalnej danego typu zbrojenia.

Korzystnie, gdy powierzchnia zbrojenia nie jest gładka i oprócz naturalnego splotu może zawierać zgrubienia lub inne zniekształcenia zwiększające zakotwienie zbrojenia w strukturze płyty.

Korzystnie, gdy płyty mają grubość nie mniejszą niż 20 mm, korzystnie grubość 40 mm. Korzystnie gdy gęstość płyt wynosi nie mniej niż 500 kg/m³ korzystnie 700 kg/m³.

Sposób wytwarzania wzmacnianej belki konstrukcyjnej według wynalazku zawiera kroki w których w pierwszym kroku pozyskuje się wióry drzewne, korzystnie frakcjonując je, w szczególności tak, że uzyskuje się co najmniej trzy frakcje, tj.: pozostającą na sicie o oczku 18 x 18 mm (oznaczenie WA), przechodzącą przez to sito, ale pozostającą na sicie o oczku 10 x 10 mm (oznaczenie WB) oraz przechodzącą przez oczka 10 x 10 mm, ale pozostającą na sicie o oczkach 0,5 x 0,5 mm (oznaczenie WC). Wióry frakcji WB posiadają długość od 30 do 120 mm, korzystnie powyżej 85 mm, szerokość od 1 do 20 mm, korzystnie powyżej 5 mm. Mieszanina wiórów powinna być tak przygotowana, aby udział frakcji WC był zbliżony do udziału frakcji WA, przy czym różnica udziału frakcji WC i WA nie jest większa niż 10%–20%, korzystnie, gdy frakcji WA jest więcej niż WC. Korzystnie, gdy pozyskane wióry należą tylko do frakcji WB.

Kobierzec formuje się tak, że maksymalną ilość wiórów układa się wzdłuż kierunku układania wzmocnienia, a kobierzec prasuje się w temperaturze co najmniej 180°C, przez co przez czas potrzebny do utwardzenia kleju, od 10 do 40 s/mm grubości, korzystnie 20 s/mm grubości gotowej płyty pod ciśnieniem jednostkowym co najmniej 3 MPa, korzystnie 4,5 MPa.

Wióry zakleja się klejem, korzystnie na bazie fenolu lub melaminy, korzystnie wybranym z pośród PF, MUF lub pMDI, korzystnie pMDI, formując z nich kobierzec. Przy czym wilgotność wiórów przed prasowaniem jest jednakowa dla wszystkich frakcji i wynosi od 4 do 12%. Przy czym stopień zaklejenia dla frakcji WA wynosi od 2% do 6%, korzystnie 4%, a pozostałych frakcji zawarty jest w przedziale od 3% do 8%) i wynosi korzystnie 5%. Korzystnie, gdy wilgotność wiórów przeznaczonych na warstwy zewnętrzne jest wyższa 2–4% od wilgotności wiórów przeznaczonych na warstwy wewnętrznej. Przy czym korzystnie, gdy płyty wytworzone są jako wielowarstwowe w układzie równych masowo warstwy, korzystnie jako trój warstwowe w układzie masowym warstwy 1:2:1. Przy czym z uzyskanych po przesianiu frakcji wiórów wytworzone są warstwy kobierca, a pomiędzy co najmniej dwoma warstwami kobierca umieszczone jest zbrojenie w postaci:

- prętów stalowych lub polimerowych,
- prętów gwintowanych, korzystnie o module sprężystości ~200–220 tys. N/mm²,
- linek stalowych, polimerowych lub mieszanych – polimerowo-stalowych.

Korzystnie, gdy powierzchnia zbrojenia nie jest gładka i oprócz naturalnego splotu może zawierać zgrubienia lub inne zniekształcenia zwiększające zakotwienie zbrojenia w strukturze płyty.

Korzystnie, gdy średnica linek umieszczonych w kobiercu wynosi od 2 mm do 25 mm, korzystnie 5 mm – 16 mm. Korzystnie gdy zbrojenie jest wstępnie naprężone siłą nie mniejszą niż 1600 N +/- 10%, korzystnie, gdy siła z jaką zbrojenie jest wstępnie naprężone jest taka, że naprężenie zbrojenia zbliżone jest nominalnego modułu sprężystości. Moduł sprężystości użytego zbrojenia przed procesem prasowania wynosi co najmniej 0,9 wartości nominalnej 10 danego typu zbrojenia.

Zastosowanie sposobu według wynalazku sprawia, że wprowadzenie zbrojenia następuje już na etapie produkcji, zasadniczo w układach zawierających co najmniej trzy stacje nasypowe (formujące). Zbrojenie w formie linki stalowej lub innego tworzywa (w formie linki pręta) wprowadzane jest po pierwszej i przed ostatnią sekcją (najczęściej po drugiej) formującą lub po każdej z wyjątkiem ostatniej sekcji formującej (Fig. 1).

Zbrojenie odwijane jest z bębnow lub innych podajników pozwalających z jednoczesnym utrzymaniem naciągu podawanej linki lub pręta. Ilość i średnica wprowadzanych linek jest zależna od zapotrzebowania na nośność wytwarzanych elementów konstrukcyjnych – belek. Nie wyklucza się stosowanie tego sposobu zbrojenia do tworzyw używanych w formie płyty a nie belki. Na uformowaną warstwę kobierca układa się wzmocnienie, którego ilość na szerokości wstęgi zależna jest od ilości pozyskanych

w końcowym etapie elementów konstrukcyjnych. Zbrojenie to przykrywane jest kobiercem kolejnej warstwy wiórów. W przypadku układów o więcej niż 2 warstwach kobierca, na tej warstwie układane są następne elementy zbrojenia. Zbrojenie to znów jest przykrywane kolejną warstwą wiórów. Zbrojenie może być układane w każdej międzywarstwie lub tylko w wybranych międzywarstwach. W zależności od stopnia zaklejania wiórów lub jakości zbrojenia, nie wyklucza się pokrycia zbrojenia dodatkową ilością kleju nanoszoną bezpośrednio na zbrojenie lub na wióry przed lub w trakcie układania zbrojenia. Zbrojenie przykryte ostatnią warstwą kobierca trafia do pracy wstępnej a następnie do prasy głównej. Regulacja naciągu, właściwego dla danego typu zbrojenia, następuje w chwili takiego zwarcia kobierca, aby siła służąca do właściwego naciągnięcia zbrojenia nie powodowała jego wyciągania z uformowanej maty wiórów.

Uformowany kobierzec zawierający w sobie odpowiednią liczbę linek o określonym przekroju jest po procesie prasowania rozcinany na długość, następnie na szerokość tak, aby w strefie przypowierzchniowej powstałych belek znajdowały się elementy zbrojenia (Fig. 2). Zbrojenie można znajdować się tylko w strefie rozciąganej belki, w tym przypadku strefa ta musi być jednakże wyraźnie zaznaczona, lub również w strefie ściskanej (Tab. 1). Zbrojenie strefy ściskanej z jednej strony, co prawda podnosi koszt końcowy elementu gotowego, z drugiej jednak powoduje, że taka belka jest belką bardziej uniwersalną. Dodatką cechą zbrojenia jest fakt, że w chwili zniszczenia element (belka) nie ulega od razu rozpadowi na dwie części lecz utrzymuje jeszcze pewną nośność znacznie dłużej od momentu pojawienia się oznak niszczenia. Dobór stopnia zbrojenia jest zależny od oczekiwanej nośności projektowanych belek i powinien być każdorazowo wyliczany dla danej partii produktu (stopień zbrojenia określa relację przekroju tworzywa zbrojącego do przekroju belki). Ważną cechą tego typu podejścia jest możliwość wzmacniania ustroju według wynalazku już na poziomie produkcji, a nie etapie gotowego wyrobu. Taki sposób wytwarzania belek konstrukcyjnych pozbawiony jest takich dodatkowych czynności, jak frezowanie rowków pod zbrojenie, których dokładność wykonania musi być bardzo wysoka oraz samej operacji wklejania zbrojenia. Taki sposób wzmacniania elementów, także typu OSL powoduje, że powstaje struktura dwu-materiałowa a nie trój, co nie jest zjawiskiem korzystnym. Z taką sytuacją mamy miejsce w przypadku wprowadzania zbrojenia do gotowych płyt. Ponadto zbrojenie w cyklu produkcyjnym nie jest widoczne co jest dodatkową zaletą, gdyż najczęściej widoczna jest strefa rozciągana belek, w której umieszcza się zbrojenie.

Wynalazek przedstawiono na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat wytwarzania płyt OSL wzmacnianych elastycznym materiałem o wysokim module sprężystości, fig. 2 przedstawia Schemat rozkroju formatki na belki a) widok wzdłuż formatki, b) przekrój poprzeczny z miejscami podziału, fig. 3 prezentuje przykładowe schematy zbrojenia.

Przykład I

Wzmacniana belka konstrukcyjna według wynalazku uformowane są z wiórów drzewnych frakcjonowanych, o następującym składzie frakcyjnym tj. frakcji: pozostającej na sicie o oczku 18 x 18 mm (oznaczenie WA), przechodzącej przez to sito, ale pozostającej na sicie o oczku 10 x 10 mm (oznaczenie WB) oraz przechodzącej przez oczka 10 x 10 mm, ale pozostającej na sicie o oczkach 0,5 x 0,5 mm (oznaczenie WC). Frakcje te stanowią do 98% ogólnej masy wiórów tworzących kobierzec płyty. Przy czym kobierzec składa się z mieszaniny tych wiórów, a mieszanina wiórów jest tak przygotowana, że udział frakcji WC jest zbliżony do udziału frakcji WA.

Wióry zaklejone są klejem, pMDI, a ich wilgotność przed prasowaniem jest jednakowa dla wszystkich frakcji i wynosi od 4 do 12%. Przy czym stopień zaklejenia dla frakcji WA wynosi 4%, a pozostałych frakcji wynosi 5%. Przy czym płyty wytworzone są jako trój warstwowe w układzie masowym warstw 1:2:1. Przy czym z uzyskanych po przesianiu frakcji wiórów wytworzone są warstwy kobierca, a pomiędzy warstwami kobierca umieszczone jest zbrojenie w postaci:

– prętów stalowych.

Powierzchnia zbrojenia nie jest gładka zawiera zgrubienia lub inne zniekształcenia zwiększające zakotwienie zbrojenia w strukturze płyty.

Belki według wynalazku mają grubość 40 mm, a gęstość płyt wynosi więcej niż 700 kg/m³.

Sposób wytwarzania wzmacnianej belki konstrukcyjnej według wynalazku zawiera kroki w których w pierwszym kroku pozyskuje się wióry drzewne, frakcjonując je, w szczególności tak, że uzyskuje się trzy frakcje, tj.: pozostającą na sicie o oczku 18 x 18 mm (oznaczenie WA), przechodzącą przez to sito, ale pozostającą na sicie o oczku 10 x 10 mm (oznaczenie WB) oraz przechodzącą przez oczka 10 x 10 mm,

ale pozostającą na sicie o oczkach 0,5 x 0,5 mm (oznaczenie WC). Mieszanina wiórów jest tak przygotowana, że różnica udziału frakcji WC i WA zawarta jest w przedziale 10%-20%, a frakcji WA jest więcej niż WC.

Kobierzec formuje się tak, że maksymalną ilość wiórów formuje się wzdłuż kierunku układania zbrojenia. Kobierzec prasuje się w temperaturze 200°C, przez 1100 s pod ciśnieniem jednostkowym 4,5 MPa.

Wióry zakleja się klejem pMDI, formując z nich kobierzec. Przy czym wilgotność wiórów przed prasowaniem dla wszystkich frakcji wynosi od 4 do 12%. Przy czym stopień zaklejenia dla frakcji WA wynosi 4%, a pozostałych frakcji 5%. Przy czym płyty wytworzone są jako trójwarstwowe w układzie masowym warstw 1:2:1. Przy czym z uzyskanych po przesianiu frakcji wiórów wytworzone są warstwy kobierca, a pomiędzy warstwami kobierca umieszczone jest zbrojenie w postaci:

- prętów stalowych.

Powierzchnia zbrojenia nie jest gładka i zawiera zgrubienia lub inne zniekształcenia zwiększające zakotwienie zbrojenia w strukturze płyty.

Zastosowanie sposobu według wynalazku sprawia, że wprowadzenie zbrojenia następuje już na etapie produkcji, zasadniczo w układach zawierających trzy stacje nasypowe (formujące). Zbrojenie w formie linki stalowej lub innego tworzywa (w formie linki/pręta) wprowadzane jest po pierwszej i przed ostatnią sekcją (najczęściej po drugiej) formującą lub po każdej z wyjątkiem ostatniej sekcji formującej (Fig. 1).

Zbrojenie odwijane jest z bębnow lub innych podajników pozwalających z jednoczesnym utrzymaniem naciągu podawanego pręta. Na uformowaną warstwę kobierca układa się wzmocnienie, którego ilość na szerokości wstęgi zależna jest od ilości pozyskanych w końcowym etapie elementów konstrukcyjnych. Zbrojenie to przykrywane jest kobiercem kolejnej warstwy wiórów.

Uformowany kobierzec zawierający w sobie zbrojenie jest po procesie prasowania rozcinany na długość, następnie na szerokość tak, aby w strefie przypowierzchniowej powstałych belek znajdowały się elementy zbrojenia (Fig. 2).

Dobór stopnia zbrojenia jest zależny od oczekiwanej nośności projektowanych belek i powinien być każdorazowo wyliczany dla danej partii produktu (stopień zbrojenia określa relację przekroju tworzywa zbrojącego do przekroju belki). Ważną cechą tego typu podejścia jest możliwość wzmacniania tworzywa typu OSL już na poziomie produkcji, a nie etapie gotowego wyrobu. Taki sposób wytwarzania belek konstrukcyjnych pozbawiony jest takich dodatkowych czynności, jak frezowanie rowków pod zbrojenie, których dokładność wykonania musi być bardzo wysoka oraz samej operacji wklejania zbrojenia. Taki sposób wzmacniania elementów z OSL powoduje, że powstaje struktura trój-materiałowa a nie dwu, jak w przypadku wprowadzania zbrojenia na etapie produkcji. Ponadto zbrojenie w cyklu produkcyjnym nie jest widoczne co jest dodatkową zaletą, gdyż najczęściej widoczna jest strefa rozciągana belek, w której umieszcza się zbrojenie.

Przykład II

Wzmacniana belka konstrukcyjna według wynalazku uformowane są z wiórów drzewnych frakcjonowanych, o następującym składzie frakcyjnym tj. frakcji: pozostającej na sicie o oczku 18 x 18 mm (oznaczenie WA), przechodzącej przez to sito, ale pozostającą na 30 sicie o oczku 10 x 10 mm (oznaczenie WB) oraz przechodzącej przez oczka 10 x 10 mm, ale pozostającą na sicie o oczkach 0,5 x 0,5 mm (oznaczenie WC). Frakcje te stanowią do 98% ogólnej masy wiórów tworzących kobierzec płyty. Przy czym kobierzec składa się z mieszaniny tych wiórów, a mieszanina wiórów jest tak przygotowana, że różnica udziału frakcji WC i WA zawarta jest w przedziale 10% – 20%, a frakcji WA jest więcej niż WC. Wióry zaklejone są klejem, pMDI, a ich wilgotność przed prasowaniem jest jednakowa dla wszystkich frakcji i wynosi od 4 do 12%. Przy czym stopień zaklejenia dla frakcji WA wynosi 4%, a pozostałych frakcji zawarty jest w przedziale 5%. Przy czym płyty wytworzone są jako trójwarstwowe w układzie masowym warstw 1:2:1. Przy czym z uzyskanych po przesianiu frakcji wiórów wytworzone są warstwy kobierca, a pomiędzy warstwami kobierca umieszczone jest zbrojenie w postaci:

- linek stalowych, polimerowych lub mieszanych.

Średnica linek umieszczonych w kobiercu wynosi od 5 do 16 mm. Zbrojenie jest wstępnie naprężone siłą nie mniejszą niż 1600 N +/-10%.

Wzmacniane belki konstrukcyjne mają grubość 40 mm, a gęstość płyt wynosi więcej niż 700 kg/m³.

Sposób wytwarzania wzmacnianej belki konstrukcyjnej według wynalazku zawiera kroki w których w pierwszym kroku pozyskuje się wióry drzewne, frakcjonując je, w szczególności tak, że uzyskuje się co najmniej trzy frakcje, tj.: pozostającą na sicie o oczku 18 x 18 mm (oznaczenie WA), przechodzącą

przez to sito, ale pozostającą na sicie o oczku 10 x 10 mm (oznaczenie WB) oraz przechodzącą przez oczka 10 x 10 mm, ale pozostającą na sicie o oczkach 0,5 x 0,5 mm (oznaczenie WC).

Kobierzec formuje się tak, że maksymalną ilość wiórów układa się wzdłuż wprowadzanego zbrojenia. Kobierzec prasuje się w temperaturze 200°C, przez 1100 s pod ciśnieniem jednostkowym 4,5 MPa.

Wióry zakleja się klejem pMDI, formując z nich kobierzec. Przy czym wilgotność wiórów przed prasowaniem jest jednakowa dla wszystkich frakcji i wynosi od 4 do 12%. Przy czym stopień zaklejenia dla frakcji WA wynosi 4%, a pozostałych frakcji 5%. Przy czym płyty wytworzone są jako trójwarstwowe w układzie masowym warstwy 1:2:1. Przy czym z uzyskanych po przesianiu frakcji wiórów wytworzone są warstwy kobierca, a pomiędzy warstwami kobierca umieszczone jest zbrojenie w postaci:

- linek stalowych, polimerowych lub mieszanych – polimerowo-stalowych.

Średnica linek umieszczonych w kobiercu wynosi od 5 do 16 mm. Zbrojenie jest wstępnie naprężone siłą nie mniejszą niż 1600 N +/-10%.

Zastosowanie sposobu według wynalazku sprawia, że wprowadzenie zbrojenia następuje już na etapie produkcji, zasadniczo w układach zawierających trzy stacje nasypowe (formujące). Zbrojenie w formie linki stalowej lub z innego tworzywa (w formie linki/pręta) wprowadzane jest po pierwszej i przed ostatnią sekcją (najczęściej po drugiej) formującą lub po każdej z wyjątkiem ostatniej sekcji formującej (Fig. 1).

Zbrojenie odwijane jest z podajników pozwalających na utrzymanie naciągu podawanej linki. Na uformowaną warstwę kobierca układa się zbrojenie, którego ilość na szerokości wstęgi zależna jest od ilości pozyskanych w końcowym etapie elementów konstrukcyjnych. Zbrojenie to przykrywane jest kobiercem kolejnej warstwy wiórów.

W zależności od stopnia zaklejenia wiórów lub jakości zbrojenia, nie wyklucza się pokrycia zbrojenia dodatkową ilością kleju nanoszoną bezpośrednio na zbrojenie lub na wióry przed lub w trakcie układania zbrojenia. Zbrojenie przykryte ostatnią warstwą kobierca trafia do pracy wstępnej a następnie do prasy głównej. Regulacja naciągu, właściwego dla danego typu zbrojenia, następuje w chwili takiego zwarcia kobierca, aby siła służąca do właściwego naciągnięcia zbrojenia nie powodowała jego wyciągania z uformowanej maty wiórów.

Uformowany kobierzec zawierający w sobie linki zbrojące o określonym przekroju jest po procesie prasowania rozcinany na długość, następnie na szerokość tak, aby w strefie przypowierzchniowej powstałych belek znajdowały się elementy zbrojenia (Fig. 2).

Dodatnią cechą zbrojenia jest fakt, że w chwili zniszczenia element (belka) nie ulega od razu rozpadowi na dwie części lecz utrzymuje jeszcze pewną nośność znacznie dłużej od momentu pojawienia się oznak niszczenia. Ważną cechą tego typu podejścia jest możliwość wzmacniania tworzywa typu OSL już na poziomie produkcji, a nie etapie gotowego wyrobu. Taki sposób wytwarzania belek konstrukcyjnych pozbawiony jest takich dodatkowych czynności, jak frezowanie rowków pod zbrojenie, których dokładność wykonania musi być bardzo wysoka oraz samej operacji wklejania zbrojenia. Taki sposób wzmacniania elementów z OSL powoduje, że powstaje struktura trój-materiałowa a nie dwu, jak w przypadku wprowadzania zbrojenia na etapie produkcji. Ponadto zbrojenie w cyklu produkcyjnym nie jest widoczne co jest dodatkową zaletą, gdyż najczęściej widoczna jest strefa rozciągana belek, w której umieszcza się zbrojenie.

Przykład III

Wzmacniana belka konstrukcyjna uformowana jest z wiórów drzewnych frakcjonowanych, z frakcji przechodzącej przez to sito o oczku 18 x 18 mm, ale pozostającą na sicie o oczku 10 x 10 mm (oznaczenie WB). Frakcja ta stanowi do 98% ogólnej masy wiórów tworzących kobierzec płyty. Wióry zaklejone są klejem pMDI, a ich wilgotność przed prasowaniem wynosi od 4 do 12%. Przy czym stopień zaklejenia wiórów wynosi 5%. Przy czym płyty wytworzone są jako trójwarstwowe w układzie masowym warstw 1:2:1. Przy czym z uzyskanych po przesianiu frakcji wiórów wytworzone są warstwy kobierca, a pomiędzy warstwami kobierca umieszczone jest zbrojenie w postaci:

- linek stalowych, polimerowych lub mieszanych – polimerowo-stalowych.

Średnica linek umieszczonych w kobiercu wynosi od 5 do 16 mm. Zbrojenie jest wstępnie naprężone siłą nie mniejszą niż 1600 N +/-10%.

Wzmacniane belki konstrukcyjne mają grubość 40 mm, a gęstość płyt wynosi więcej niż 700 kg/m³.

Sposób wytwarzania wzmacnianej belki konstrukcyjnej według wynalazku zawiera kroki w których w pierwszym kroku pozyskuje się wióry drzewne, frakcjonując je tak, że uzyskuje wióry przechodzącą przez to sito o oczku 18 x 18 mm, ale pozostającą na sicie o oczku 10 x 10 mm (oznaczenie WB).

Kobierzec formuje się tak, że maksymalną ilość wiórów układa się wzdłuż dłuższej linii formowania zbrojenia. Kobierzec prasuje się w temperaturze 200°C, przez 1100 s pod ciśnieniem jednostkowym 4,5 MPa.

Wióry zakleja się klejem pMDI, formując z nich kobierzec. Przy czym wilgotność wiórów przed prasowaniem jest jednakowa dla wszystkich frakcji i wynosi od 4 do 12%, a stopień zaklejenia wynosi 5%. Przy czym płyty wytworzone są jako trójwarstwowe w układzie masowym warstw 1:2:1. Przy czym z uzyskanych po przesianiu frakcji wiórów wytworzone są warstwy kobierca, a pomiędzy warstwami kobierca umieszczone jest zbrojenie w postaci:

- linek stalowych, polimerowych lub mieszanych – polimerowo-stalowych.

Średnica linek umieszczonych w kobiercu wynosi od 5 do 16 mm. Zbrojenie jest wstępnie naprężone siłą nie mniejszą niż 1600 N +/- 10%.

Zastosowanie sposobu według wynalazku sprawia, że wprowadzenie zbrojenia następuje już na etapie produkcji, zasadniczo w układach zawierających trzy stacje nasypowe (formujące). Zbrojenie w formie linki stalowej lub innego tworzywa (w formie linki/pręta) wprowadzane jest po pierwszej i przed ostatnią sekcją (najczęściej po drugiej) formującą lub po każdej z wyjątkiem ostatniej sekcji formującej (Fig. 1).

Zbrojenie odwijane jest z bębnow lub innych podajników pozwalających z jednoczesnym utrzymaniem naciągu podawanego zbrojenia. Na uformowaną warstwę kobierca układa się wzmocnienie, którego ilość na szerokości wstęgi zależna jest od ilości pozyskanych w końcowym etapie elementów konstrukcyjnych. Zbrojenie to przykrywane jest kobiercem kolejnej warstwy wiórów.

Uformowany kobierzec zawierający w sobie zbrojenie jest po procesie prasowania rozcinany na długość, następnie na szerokość tak, aby w strefie przypowierzchniowej powstałych belek znajdowały się elementy zbrojenia (Fig. 2).

Dobór stopnia zbrojenia jest zależny od oczekiwanej nośności projektowanych belek i powinien być każdorazowo wyliczany dla danej partii produktu (stopień zbrojenia określa relację przekroju tworzywa zbrojącego do przekroju belki). Ważną cechą tego typu podejścia jest możliwość wzmacniania tworzywa typu OSL już na poziomie produkcji, a nie etapie gotowego wyrobu. Taki sposób wytwarzania belek konstrukcyjnych pozbawiony jest takich dodatkowych czynności, jak frezowanie rowków pod zbrojenie, których dokładność wykonania musi być bardzo wysoka oraz samej operacji wklejania zbrojenia. Taki sposób wzmacniania elementów z OSL powoduje, że powstaje struktura trój-materiałowa a nie dwu, jak w przypadku wprowadzania zbrojenia na etapie produkcji. Ponadto zbrojenie w cyklu produkcyjnym nie jest widoczne co jest dodatkową zaletą, gdyż najczęściej widoczna jest strefa rozciągana belek, w której umieszcza się zbrojenie.

Przykład IV

Sposobem według wynalazku wytworzono wzmocnione belki konstrukcyjne, prototypowe i przeprowadzono ich badania laboratoryjne.

Oceny dokonano w oparciu o test t-Studenta oraz analizę wariancji ANOVA. Wytworzone belki poddano ocenie wytrzymałości na zginanie oraz modułu sprężystości wg schematów obciążenia przedstawionych na fig. 4. Płyty wytwarzano jako jedno-frakcyjne.

Wynik przeprowadzonych badań przedstawiono w tabelach 2–4. Wytworzone belki charakteryzowały się gęstością 723,3 kg/m³ (-22,8 kg/m³, + 15,1 kg/m³) oraz średnią wilgotnością podczas oceny modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie statyczne na poziomie 5,78%. Wpływ rodzaju zbrojenia na moduł sprężystości belek o wymiarach 40 x 95 x 2000 mm określony w strefie czystego zginania przedstawiono w tab. 1. Jak wynika z wartości w niej przedstawionych dla wszystkich analizowanych przypadków nastąpił wzrost sztywności określony modułem sprężystości. Pomimo przyjętego niewielkiego stopnia zbrojenia zaobserwowano wzrost modułu sprężystości od ponad 5 do ponad 18%. Ponadto określone moduły sprężystości dla wszystkich typów zbrojenia wykazują statystycznie istotnie wyższe wartości niż moduły sprężystości belek niezbrojonych.

Tab. 1. Wpływ rodzaju zbrojenia na moduł sprężystości belek o wymiarach 40 x 95 x 2000 mm

Rodzaj wiórów/ wzmocnienie/ zbrojenie	Rodzaj zbrojenia							
	Brak (Kontrolna)		Linka stalowa		Linka polimcrowa		Pręt stalowy	
	E _m							
	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %
WA	10 000	0,24	10 740	1,91	10 540	0,40	11 215	3,7 4
wzm. %	-	-	7,4	-	5,4	-	12,1	-
w. stat. (p)*	-	-	0,0184	-	0,0386	-	0,0107	-
WB	6 927	0,36	7 773	0,68	7 386	0,28	8 106	0,4 3
wzm. %	-	-	12,2	-	6,6	-	17,0	-
w. stat. (p)*	-	-	0,0005	-	0,0004	-	0,0013	-
WC	3705	1,42	4388	0,42	-	-	-	-
wzm. %	-	-	18,4	-	-	-	-	-
w. stat. (p)*	-	-	0,0000	-	-	-	-	-
% zbrojenia	-	-	0,156	-	0,372**	-	0,296	-

* - oceniono testem t-Studenta względem próby kontrolnej, ** - przyjęto średnicę deklarowaną przez producenta

Wpływ rodzaju zbrojenia na moduł sprężystości niższych belek, tj. o wymiarach 40 x 48 x 1000 mm przedstawiono w tab. 2. Jak wynika z wartości w niej przedstawionych uzyskane wartości modułu sprężystości dla belek bez zbrojenia są nieznacznie niższe niż określonych dla belek wyższych. Jednakże uzyskane różnice nie są statystycznie istotne. Niższa wysokość belki wyraźniej uwidacznia efekt zbrojenia. Obserwowane wartości modułu sprężystości belek zbrojonych są od 5% do 28% wyższe niż belek niezbrojonych. Ponadto wszystkie wartości dla belek zbrojonych różnią się statystycznie od swoich odpowiedników bez zbrojenia. Najlepsze efekty uzyskano stosując pręty gwintowane, co jest zapewne związane zarówno jego wyższymi właściwościami mechanicznymi, jak również stopniem zbrojenia. Najniższy poziom wzrostu modułu sprężystości uzyskano dla belek zbrojonych linką polimerową. Należy jednakże wziąć pod uwagę fakt, że w przypadku lin efektywny przekrój jest mniejszy niż wynika z ich średnic. O ile w przypadku linki stalowej uwzględniono ten fakt w obliczeniach, bowiem jest to stosunkowo łatwe do obliczenia, o tyle w przypadku lin polimerowych jest to bardzo trudne. W przypadku użytych linek stalowych efektywny przekrój linki jest o połowę mniejszy niż wynikający z pomiaru średnicy linki.

Tab. 2. Wpływ rodzaju zbrojenia na moduł sprężystości belek o wymiarach 40 x 48 x 1000 mm.

Rodzaj wiorów/ wzmocnienie/ zbrojenie	Rodzaj zbrojenia							
	Brak (Kontrolna)		Linka stalowa		Linka polimerowa		Pręt stalowy	
	E _m							
	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %
WA	9 573	4,32	10 736	3,99	10 244	0,32	11 565	1,19
wzm. %	-	-	12,1	-	7,0	-	20,8	-
w. stat. (p)*	-	-	0,0025	-	0,0050	-	0,0000	-
WB	6919	2,58	8227	1,37	7788	1,04	8070	9,24
wzm. %	-	-	18,9	-	12,6	-	16,6	-
w. stat. (p)*	-	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-
WC	3285	2,55	4209	0,62	-	-	-	-
wzm. %	-	-	28,1	-	-	-	-	-
w. stat. (p)*	-	-	0,0000	-	-	-	-	-
% zbrojenia	-	-	0,156	-	0,372**	-	0,296	-

* - oceniono testem t-Studenta względem próby kontrolnej, ** - przyjęto średnicę deklarowaną przez producenta

Wpływ rodzaju zbrojenia na wytrzymałość na zginanie statyczne belek o wymiarach 40 x 48 x 1000 mm przedstawiono w tab. 3. Jak wynika z wartości w niej przedstawionych uzyskane wyniki badań wskazują, że zastosowane sposoby wzmacniania belek wytworzonych z wiórów pasmowych zwiększają wytrzymałość takich belek od 7,7% do ponad 25%. Zwiększenie nośności belek jest tym większe im niższej jakości stosowano wióry oraz im wyższej jakości zastosowano zbrojenie. I tak, w przypadku zastosowania jako zbrojenia linki stalowe wytrzymałość belek OSL wzrosła o 13,2%, 20,7% oraz 22,1% odpowiednio dla belek wykonanych z wiórów typu A, B oraz C. Natomiast najwyższe wzrosty wytrzymałości odnotowano po zastosowaniu prętów stalowych i wynosiły one 18,3% i 25,4%, odpowiednio dla belek z wiórów typu A i B. Uzyskane wartości są o około 5% wyższe niż odnotowane dla belek zbrojonych linkami stalowymi. Wytrzymałość belek wzmacnianych linką polimerową jest niższa niż belek zbrojonych stalą, co jest związane z jej niższymi parametrami mechanicznymi, niemniej tego typu zbrojenie nie wymaga specjalistycznych pił do rozkroju płyt. Ponadto dostępne są na rynku linki o nieznacznie niższych od stali parametrach, np. YSM-Aero czy Dyneema z włókien UHMWPE.

Tab. 3. Wpływ rodzaju zbrojenia na wytrzymałość na zginanie belek o wymiarach 40 x 48 x 1000 mm

Rodzaj wiórów/ wzmocnienie/ zbrojenie	Rodzaj zbrojenia							
	Brak (Kontrolna)		Linka stalowa		Linka polimerowa		Pręt stalowy	
	f _m							
	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %
WA	43,1 ^{a***}	4,81	48,8 ^b	6,05	47,4 ^b	2,81	51,0 ^b	6,01
wzm. %	-	-	13,2	-	9,9	-	18,3	-
w. stat. (p)*	-	-	0,0200	-	0,0084	-	0,0049	-
WB	33,5 ^a	4,10	40,4 ^c	0,60	36,0 ^b	1,83	42,0 ^d	1,35
wzm. %	-	-	20,7	-	7,7	-	25,4	-
w. stat. (p)*	-	-	0,0001	-	0,0263	-	0,0000	-
WC	24.9	6,18	28,4	2,18	-	-	-	-
wzm. %	-	-	22,1	-	-	-	-	-
w. stat. (p)*			0,0097	-	-	-	-	-
% zbrojenia	-	-	0,156	-	0,372**	-	0,296	-

* - oceniono testem t-Studenta względem próby kontrolnej, ** - przyjęto średnicę deklarowaną przez producenta, *** - grupy jednorodne wyznaczone testem NIR

W tabeli 4 przedstawiono wybrane właściwości fizykomechaniczne wytworzonych wzmocnionych belek konstrukcyjnych oraz przemysłowej produkcji płyty LVL. Obecnie w Polsce jedynym materiałem konstrukcyjnym wytwarzanym z drewna rozdrobnionego i następnie sklejanego z powstałych fragmentów, a nie będącym drewnem klejonym, są płyty LVL. Wytrzymałość na zginanie ocenianych płyt LVL w postaci belki o przekroju 97 x 40 mm (pierwszy wymiar wysokość) wynosiła 65,1 N/mm² (σ = 2,3%), a moduł sprężystości 8024 N/mm² (σ = 5,5%) (dane według zginania 3-punktowego). LVL jako materiał powstały z mniej rozdrobnionego drewna i jednocześnie z wyselekcjonowanych, bardzo wysokiej jakości fornirow charakteryzuje się znacznie wyższymi właściwościami fizykomechanicznymi od właściwości wytworzonych wzmocnionych belek konstrukcyjnych, z wyjątkiem wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzn. W tym przypadku znaczenia nabiera gęstość i jakość upakowania wiórów w strukturze belki, a gęstość OSL była o około 150 kg/m³ wyższa. Wyższe wartości spękania na grubość wzmocnionych belek konstrukcyjnych są efektem braku użycia przy ich wytwarzaniu środków zwiększających hydrofobowość płyt. Jednakże wartości te są stosunkowo niskie dla takiego sposobu wytwarzania płyt i wskazują, że po zastosowaniu środków parafinowych ich spękanie będzie porównywalne z płytami LYL.

Tab. 4. Wpływ rodzaju zbrojenia na wytrzymałość na zginanie belek o wymiarach 40 x 48 x 1000 mm

Rodzaj belek (wiórów)	Właściwość							
	f_{tL}		f_{tII}		f_c		G_t	
	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %	x %	υ %
A	0,96	9,40	34,6	14,4	46,9	12,4	22,1	4,0
B	1,05	8,75	24,9	10,5	30,4	16,4	24,0	4,4
C	1,31	4,19	14,4	1,44	-	-	26,3	4,1
LVL	0,59	9,0	43,3	7,7	55,5	4,7	6,92	16,7

Przykład V

W badaniach wykorzystano wióry sosnowe pochodzące z produkcji przemysłowej płyt OSB. Do badań przygotowano materiał pochodzący z rozsortowania przemysłowych wiórów pasmowych. Mieszanka wiórów składała się w 50% z frakcji przechodzącej przez sito o oczkach 18 x 18 mm, ale pozostającą na sicie o oczkach 10 x 10 mm oraz w 50% z frakcji przechodzącej przez sito o oczkach 10 x 10 mm, ale pozostającą na sicie o oczkach 0,5 x 0,5 mm. Do zaklejenia wiórów użyto kleju pMDI.

Wilgotność wiórów przed prasowaniem była jednakowa dla wszystkich frakcji i wyniosła 6,4%. Stopień zaklejenia wynosił 5% suchej masy kleju do suchej masy wiórów. Płyty wytwarzano jako trójwarstwowe w układzie 1:2:1. Między warstwy wkładano zbrojenie w postaci:

- linki stalowej fi 4 mm o splocie 6 zwojów po 7 drutów z rdzeniem polimerowym w środku – (moduł sprężystości ~170–200 tys. N/mm², wytrzymałość 2,04 kN),
- linki polimerowej YSM-AERO fi 6 mm (konstrukcja 12-pokrętkowa, moduł sprężystości ~125–140 tys. N/mm², wytrzymałość 37 kN, rozciągłość 4%).

Nie stosowano wstępnego naprężania linek.

Z wytworzonych płyt pozyskano próbki celem oceny wytrzymałości na zginanie oraz modułu sprężystości dla układu 4-punktowego. Oceniano próbki o wymiarach 40 x 48 x 1000 mm wg schematu b fig. 2.

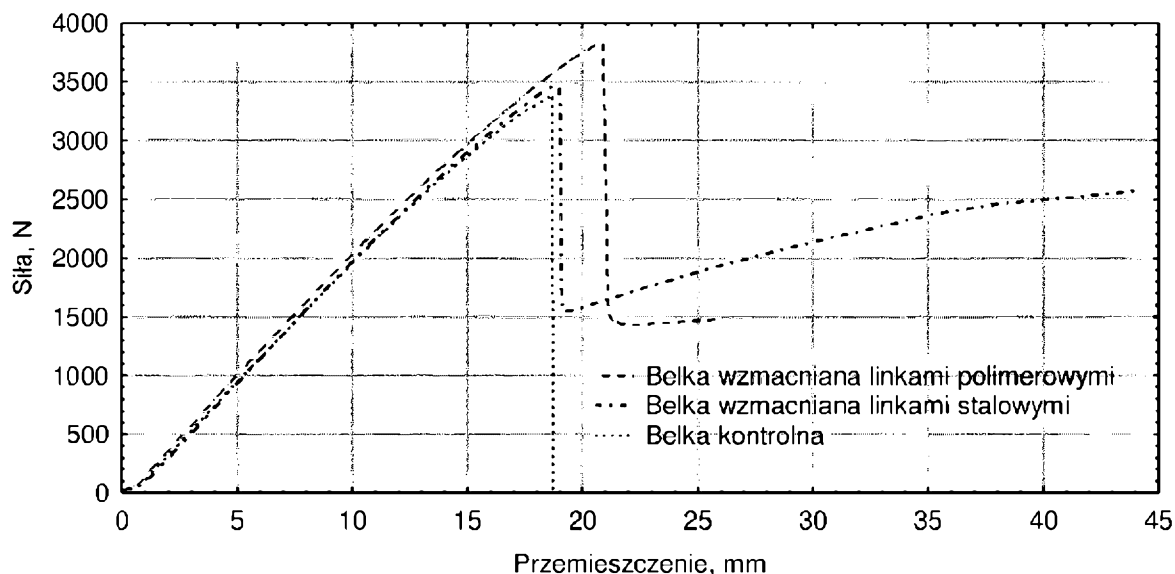
Oceny wytrzymałości na zginanie statyczne oraz modułu sprężystości dokonano na podstawie 6 próbek (belek). Do oceny statystycznej uzyskanych wyników badań użyto programu Statistica 13.5. Oceny dokonano w oparciu o test t-Studenta oraz analizę wariancji ANOVA.

Tab. 5. Wpływ rodzaju zbrojenia na wytrzymałość na zginanie belek o wymiarach 40 x 48 x 1000 mm

Rodzaj wiórów/ wzmocnienie/ zbrojenie	Rodzaj zbrojenia					
	Brak (Kontrolna)		Linka stalowa		Linka polimerowa	
	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %	x N/mm ²	υ %
E_m	5325	4,5	5907	2,8	5800	2,0
wzm. %	-	-	10,9	-	8,9	-
w. stat. (p)*	-	-	0,0157	-	0,0238	-
f_m	28,4	2,2	30,6	2,1	32,8	1,7
wzm. %	-	-	8,0	-	15,4	-
w. stat. (p)*	-	-	0,0126	-	0,0087	-
% zbrojenia	-	-	0,549	-	2,95	-

Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość wzmocnienia elementów konstrukcyjnych, belek wykonanych z wiórów niskiej jakości poprzez zastosowanie zbrojenia w postaci linek stalowych bądź polimerowych, wprowadzanych na etapie produkcji płyt. Uzyskano wzrost modułu sprężystości na poziomie około 9% w przypadku linki polimerowej oraz około 11% w przypadku linki stalowej. Należy zwrócić uwagę jak ważne jest wstępne naprężenie linek, zwłaszcza polimerowych. Wstępne naprężenie linek korzystnie wpływa na dwa aspekty. Po pierwsze pozwala w pełni wykorzystać wysokie właściwości mechaniczne stosowanego zbrojenia, po drugie przebieg linek w materiale jest kontrolowany, co pozwala na pozyskanie belek zbrojonych blisko strefy rozciąganej. Znacznie wyższą wytrzymałość na zginanie

statyczne uzyskano dla zbrojenia linkami polimerowymi niż linkami stalowymi. Wynika to z wyższego stopnia zbrojenia zastosowanego w przypadku linek polimerowych, który jest ponad 5-krotnie wyższy od stopnia zbrojenia linkami stalowymi. W ten sposób zrekompensowano niższe właściwości sprężyste linek polimerowych w stosunku do linek stalowych. Wyniki testu t-Studenta wskazują, że właściwości wzmacnianych belek istotnie statystycznie różnią się (są wyższe) od belek kontrolnych. Wyraźne zmiany w zachowaniu się belek wzmacnianych i kontrolnych widać na wykresie prezentującym przebieg obciążania siłą niszczącą (Wykres. 1). Belki kontrolne ulegają rozpadowi na dwie części po osiągnięciu siły maksymalnej (niszczącej), natomiast belki wzmacniane po pewnej utracie nośności, wynoszącej około 60% wartości maksymalnej dalej przenoszą obciążenie. Następuje nawet kilkunastoprocentowy wzrost nośności związany z naprężaniem się linek w materiale. Wzrost ten jest bardziej wyraźny w przypadku zbrojenia linkami stalowymi.



Wykres 1. Wykres zachowania się belek pod obciążaniem

Literatura:

Malanit P., Kyokong B., Laemsak N., 2005; Oriented Strand Lumber from Rubberwood Residues. Walailak J Sei & Tech 2(2): 115–125

Post PW. Effect of particle geometry and resin content on bending strength of oak flake board. For Prod J 1958; 317–22.

Barnes D. An integrated model of the effect of processing parameters on the strength properties of oriented strand wood products. For Prod J 2000; 50(11/12): 33–42.

Barnes D. A model of the effect of strand length and strand thickness on the strength properties of oriented wood composites. For Prod J 2001; 51(2): 36–46.

Suzuki S Takeda K. Production and properties of Japanese oriented strand board I: Effect of strand length and orientation on strength properties of sugi oriented strand board. J Wood Sci 2000; 46: 289–95

Zastrzeżenia patentowe

1. Wzmacniana belka konstrukcyjna **znamienna tym**, że uformowana jest z wiórów drzewnych niefrakcjonowanych lub korzystnie frakcjonowanych, zawierających frakcję przechodzącą przez to sito 18 x 18, ale pozostającą na sicie o oczku 10 x 10 mm (oznaczenie WB) oraz korzystnie frakcji: pozostającej na sicie o oczku 18 x 18 mm (oznaczenie WA), oraz przechodzącej przez oczka 10 x 10 mm, ale pozostającą na sicie o oczkach 0,5 x 0,5 mm (oznaczenie

- WC), które to frakcje stanowią do 98% ogólnej masy wiórów tworzących kobierzec płyty, a wióry zaklejone są klejem, korzystnie pMDI, a ich wilgotność przed prasowaniem może być jednakowa dla wszystkich frakcji i wynosi od 4 do 12%, przy czym stopień zaklejenia dla frakcji WA wynosi od 2% do 6%, korzystnie 4%, a pozostałych frakcji zawarty jest w przedziale od 3% do 8%) i wynosi korzystnie 5%, a płyty wytworzone są jako kilkuwarstwowe, korzystnie jako trójwarstwowe w układzie masowym warstw 1:2:1 i pomiędzy co najmniej dwoma warstwami kobierca umieszczone jest zbrojenie wybrane spośród:
- prętów stalowych lub polimerowych,
 - linek stalowych, polimerowych lub mieszanych – polimerowo-stalowych,
2. Belka według zastrz. 1 **znamienna tym**, że zbrojenie charakteryzuje się modułem sprężystości powyżej 120 tys. N/mm², korzystnie ~180–220 tys. N/mm².
 3. Belka według zastrz. 1 albo 2, **znamienna tym**, że średnica linek umieszczonych w kobiercu wynosi od 2 mm do 25 mm.
 4. Belka według zastrz. 1 albo 3, **znamienna tym**, że średnica linek umieszczonych w kobiercu wynosi od 5 mm – 16 mm.
 5. Belka według zastrz. 1 albo 2, albo 3, albo 4, **znamienna tym**, że zbrojenie jest wstępnie naprężone siłą nie mniejszą niż 1600 N +/-10%.
 6. Belka według zastrz. 1 albo 2, albo 3, albo 4, albo 5, **znamienna tym**, że powierzchnia zbrojenia nie jest gładka i oprócz naturalnego splotu zawiera zgrubienia lub inne zniekształcenia zwiększające zakotwienie zbrojenia w strukturze belki.
 7. Belka według zastrzeżeń od 16, **znamienna tym**, że ma grubość nie mniejszą niż 20 mm, a gęstość płyt wynosi nie mniej niż 500 kg/m³.
 8. Sposób wytwarzania wzmacnianej belki konstrukcyjnej **znamienny tym**, że zawiera kroki w których w pierwszym kroku pozyskuje się wióry drzewne, korzystnie frakcjonując się je, pozyskując co najmniej frakcję przechodzącą przez sito 18 x 18 ale pozostającą na sicie o oczku 10 x 10 mm (oznaczenie WB) oraz korzystnie frakcję pozostającą na sicie o oczku 18 x 18 mm (oznaczenie WA), oraz przechodzącą przez oczka 10 x 10 mm, ale pozostającą na sicie o oczkach 0,5 x 0,5 mm (oznaczenie WC), następnie wióry zakleja się klejem, korzystnie pMDI, formując z nich kobierzec, przy czym wilgotność wiórów przed prasowaniem jest jednakowa dla wszystkich frakcji i wynosi od 4 do 12%, a stopień zaklejenia dla frakcji WA wynosi od 2% do 6%, korzystnie 4%, a pozostałych frakcji zawarty jest w przedziale od 3% do 8%) i wynosi korzystnie 5%, po czym kobierzec formuje się tak, że maksymalną ilość wiórów układa się wzdłuż linii formowania (układania zbrojenia), a pomiędzy co najmniej dwoma warstwami kobierca umieszczone jest zbrojenie wybrane spośród:
 - prętów stalowych lub polimerowych o niegładkiej powierzchni, gwintowanej lub karbowanej,
 - linek stalowych, polimerowych lub mieszanych-polimerowo-stalowych, zbrojenie wstępnie napręża się siłą nie mniejszą niż 1600 N +/- 10%, a siła z jaką zbrojenie jest wstępnie naprężone jest taka, że naprężenie zbrojenia zbliżone jest nominalnego modułu sprężystości co najmniej 0,9 wartości nominalnej.a następnie, po zasypaniu zbrojenia warstwą kobierca, kobierzec prasuje się w temperaturze co najmniej 200°C, przez co najwyżej 30 s/mm grubości belki pod ciśnieniem jednostkowym co najmniej 3 MPa, korzystnie 4,5 MPa.
 9. Sposób według zastrz. 8 **znamienny tym**, że belka wytworzona jest jako wielowarstwowa w układzie równych masowo warstwy, korzystnie jako trójwarstwowa w układzie masowym warstwy 1:2:1.
 10. Sposób według zastrz. 8 albo 9, **znamienna tym**, że zbrojenie odwijane jest z bębnow lub innych podajników pozwalających z jednoczesnym utrzymaniem naciągu podawanej linki lub pręta.

Rysunki

Schematy wytwarzania płyt OSL wzmacnianych elastycznym materiałem o wysokim module sprężystości

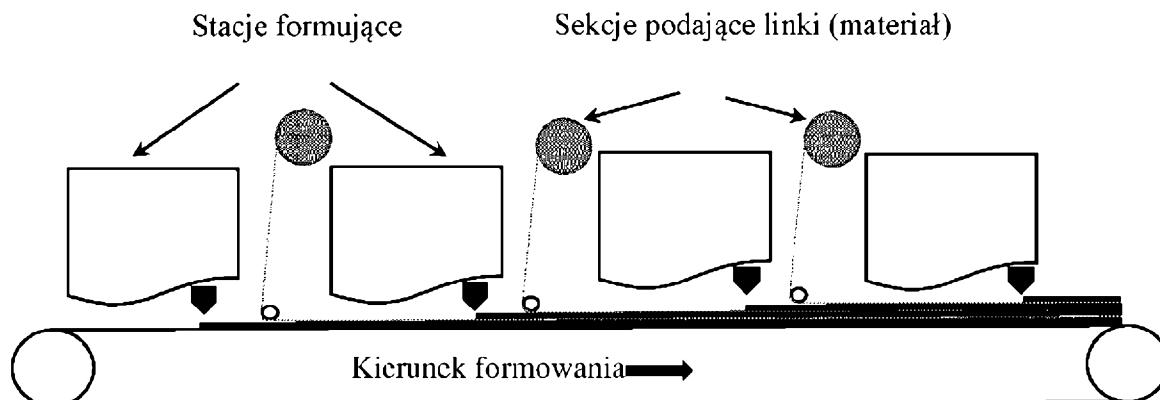


fig. 1. Schemat formowania płyt wzmacnianych linkami

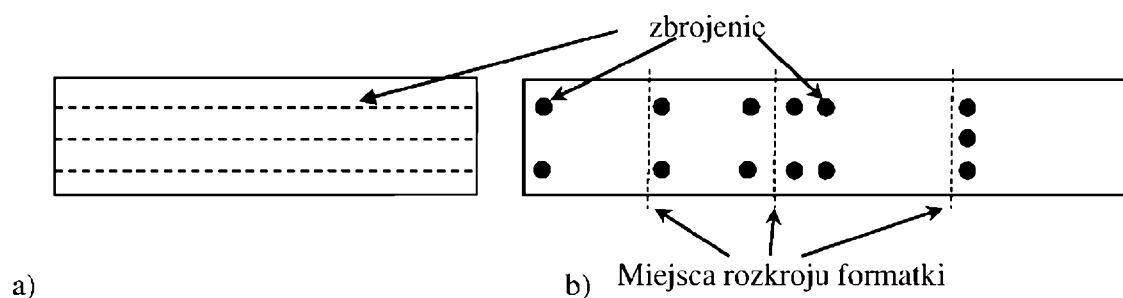
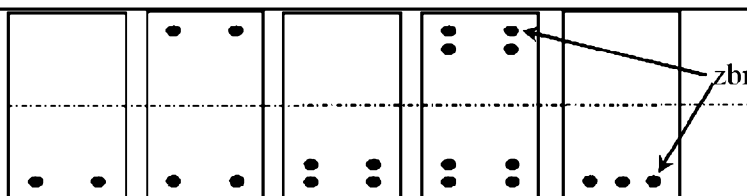


fig. 2. Schemat rozkroju formatki na belki a) widok wzdłuż formatki, b) przekrój poprzeczny z miejscami podziału

fig. 3. Przykładowe schematy zbrojenia

Schemat układu zbrojenia					Strefy belki
					Strefa ściskana
					Strefa środkowa
					Strefa rozciągana
trzy		cztery			sekcje nasypowe

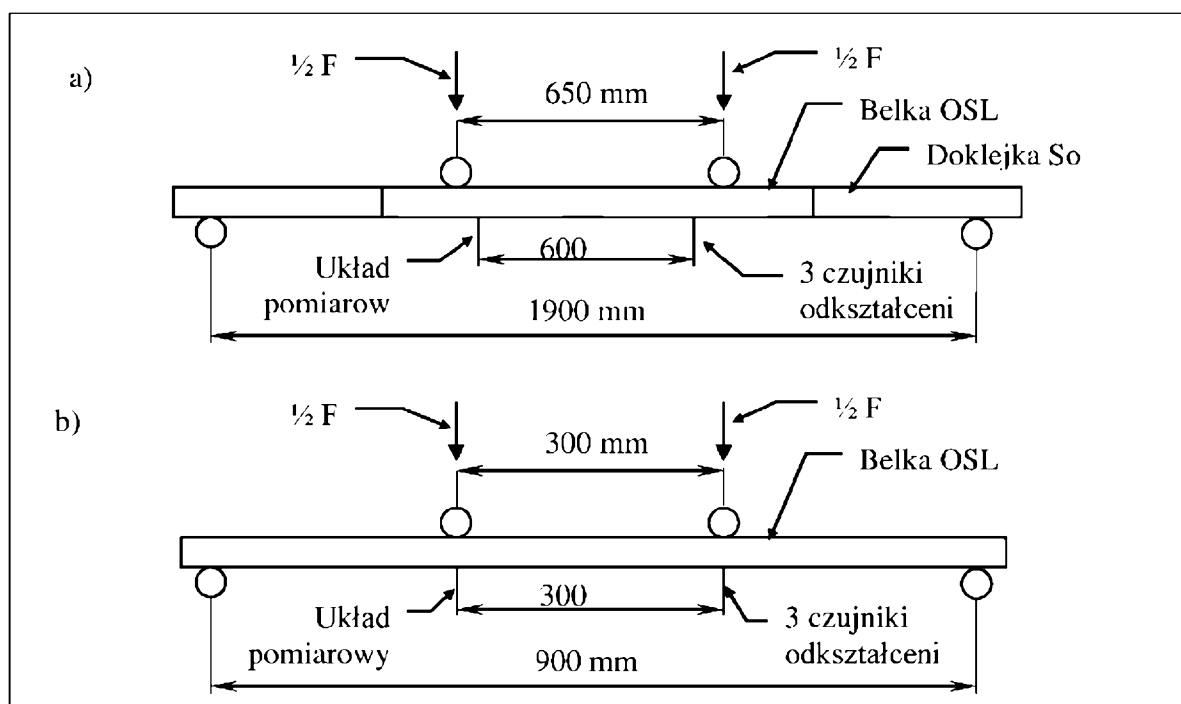


Fig. 4. Schematy obciążenia w próbie oceny modułu sprężystości oraz wytrzymałości na zginanie statyczne, a) – schemat dla belek o przekroju 40×100 mm, b) – schemat dla belek o przekroju 40×48 mm