

BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCISKANIE W POPRZEK WŁÓKIEN DREWNOFENU  
Z SOSNY I TOPOLI

Jolanta Jurkowska, Andrzej Kamiński

Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju Techniki Kolejnictwa  
W Warszawie

1. WSTĘP

Brak drewna o odpowiednich wymiarach i właściwościach mechanicznych wystarczających do zastosowania go na podkłady kolejowe stwarza konieczność rozszerzenia bazy surowcowej oraz zwiększenia trwałości drewna w warunkach eksploatacji podkładów. Jedną z wielu znanych metod realizacji tego zadania jest modyfikacja drewna żywicą fenolowo-formaldehydową z odpadowej smoły fenolowej sposobem opracowanym w Centralnym Ośrodku Badań i Rozwoju Techniki Kolejnictwa [1], w wyniku czego powstaje materiał określany jako drewnofen [2].

Niektóre właściwości mechaniczne drewnofenu z kilku gatunków drewna, istotne z punktu widzenia jego zastosowania w postaci podkładów kolejowych takie, jak moduł sprężystości i wytrzymałość na zginanie, twardość oraz wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien zostały już wcześniej zbadane [3,4]. Stwierdzono, że modyfikacja drewna opracowanym sposobem powoduje przyrost wszystkich badanych właściwości mechanicznych drewna oraz, że przyrost ten jest szczególnie duży w przypadku drewna sosny i topoli. Zatem te dwa gatunki drewna wytypowano do dalszych badań.

W części podszynowej podkłady kolejowe są poddawane działaniu dość dużych sił ściskających. Należało zatem określić wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym drewnofenu, który ewentualnie miałby być zastosowany do wytwarzania podkładów. Ponieważ wilgotność drewna podkładów w torze jest zwykle bardzo wysoka [6], należało określić tę wytrzymałość drewnofenu zarówno w stanie suchym, jak i w stanie zupełnie spęczniałym.

Odpadowa smoła fenolowa stosowana w procesie wytwarzania drewnofenu zawiera, oprócz substancji zdolnych do polireakcji i utwardzenia w drewnie w postaci żywicy fenolowo-formaldehydowej, także wiele związków chemicznych, które mogą powodować pewne zmiany submikroskopowej struktury drewna powodujące pogorszenie jego właściwości. W związku z tym należało porównać właściwości drewnofenu zawierającego żywicę fenolowo-formaldehydową ze smoły fenolowej z właściwościami drewnofenu zawierającego żywicę fenolowo-formaldehydową bez wyżej wymienianych związków chemicznych.

Wobec przedstawionej sytuacji postanowiono wykonać badania, których celem jest zbadanie wpływu, jaki na wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym suchego i całkowicie spęczniałego drewna sosny i topoli modyfikowanego żywicą fenolowo-formaldehydową z czystych składników lub z odpadowej smoły fenolowej ma zawartość żywicy w drewnie modyfikowanym.

## 2. METODYKA BADAŃ

Z pozbawionego wad i wysuszonego do stanu powietrznie suchego drewna sosny (biel) i topoli przygotowano po 9 serii próbek o wymiarach 30 x 20 x 20 mm. Każda seria liczyła po 14 próbek. Próbki wycinano w taki sposób, aby układ słoików był zgodny z obowiązującą normą [5]. Po cztery serie próbek z obu gatunków drewna poddano modyfikacji żywicą fenolowo-formaldehydową zawierającą czysty fenol. Dalsze cztery serie próbek z obu gatunków drewna poddano modyfikacji żywicą fenolowo-formaldehydową z odpadowej smoły fenolowej. Modyfikację wszystkich próbek wykonano sposobem opisanym w jednej z poprzednich prac [1]. Warunki modyfikacji, tzn. temperaturę, czas utwardzania i skład molowy żywic fenolowo-formaldehydowych a także ciśnienie i czas impregnacji drewna dobrano tak, aby zawartość obu rodzajów żywic w drewnofenie wynosiła w przybliżeniu 50, 100, 250 kg na 1 m<sup>3</sup> suchego drewna. Stosowano również maksymalne nasycenie drewna żywicami. Po modyfikacji próbki ważono i obliczono rzeczywistą wartość pochłonięcia żywicy, przy czym w przypadku żywicy z odpadowej smoły fenolowej otrzymaną wartość mnożono przez 0,65, to jest przez zawartość związków fenolowych w smole fenolowej. Po jednej serii próbek z obu gatunków drewna pozostawiano w stanie niezmienionym. Połowę próbek z każdej serii wysuszono w tem-

peraturze 103°C do stałej masy, a drugą połowę nasączono wodą destylowaną do całkowitego spęcznienia.

Wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym badano zgodnie z obowiązującą normą [ 5 ]. Badania wykonano w temperaturze pokojowej za pomocą typowej maszyny wytrzymałościowej.

Uzyskane wyniki badań aproksymowano równaniem regresji liniowej:

$$R_{c\perp} = b + m c,$$

gdzie:

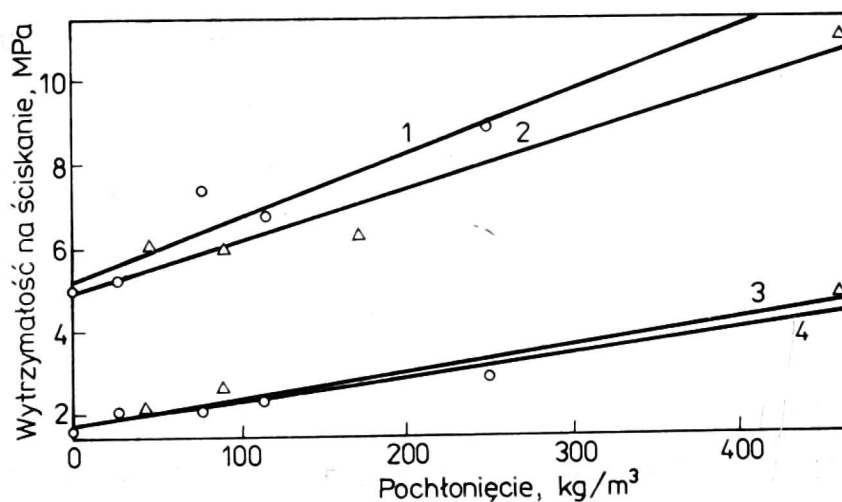
$R_{c\perp}$  - wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym, MPa,  
 $c$  - pochłonięcie żywicy fenolowo-formaldehydowej przez drewno,  $\text{kg/m}^3$ ,

$b, m$  - współczynniki liczbowe.

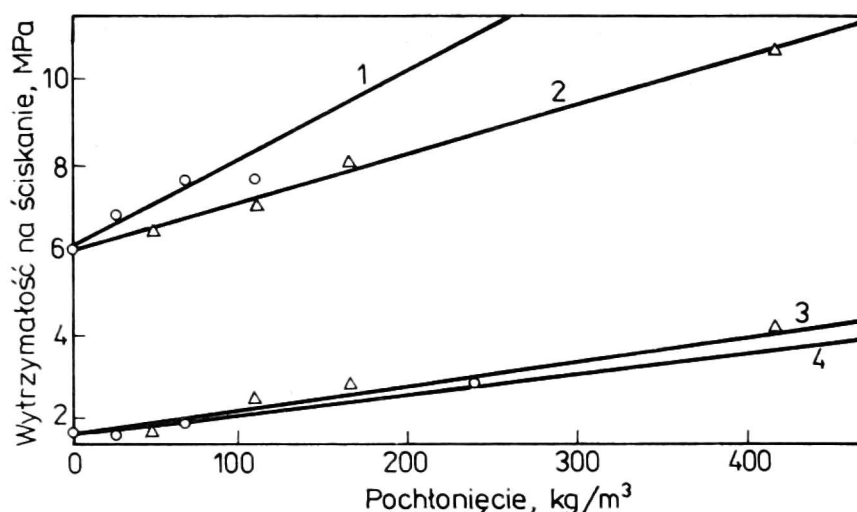
Obliczono także wartość współczynnika korelacji  $r$  na podstawie wzoru podanego przez Volka [ 7 ].

### 3. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Zależność wytrzymałości na ściskanie w kierunku promieniowym drewnofenu z sosny od zawartości żywicy fenolowo-formaldehydowej przedstawiono na rysunku 1, a drewnofenu z topoli na rysunku 2. Obliczone wartości współczynników  $b, i m$  w równaniu (1) oraz wartości współczynników korelacji  $r$  podano w tabeli 1.



Rys. 1. Wpływ zawartości substancji modyfikującej na własności drewnofenu z drewna topolowego  
 1 i 4 - drewnofen z żywicy fenolowo-formaldehydowej zawierającej odpadową smołę fenolową, 2 i 3 - drewnofen z żywicy fenolowo-formaldehydowej zawierającej czysty fenol, 1 i 2 - drewnofen w stanie suchym, 3 i 4 - drewnofen w stanie wilgotnym



Rys. 2. Wpływ zawartości substancji modyfikującej na własności drewnofenu z drewna sosnowego. Oznaczenia jak na rys. 1

T a b e l a 1

Wartości współczynników w równaniu (1) i współczynników korelacji

| Rodzaj drewnofenu |                    | Wilgotność<br>% | Współczynniki |                 |        |
|-------------------|--------------------|-----------------|---------------|-----------------|--------|
| drewno            | żywica             |                 | b             | $m \times 10^3$ | r      |
| sosna             | z fenolu           | 0-4             | 6,00          | 11,59           | 0,9942 |
|                   |                    | >30             | 1,66          | 6,06            | 0,9872 |
|                   | ze smoły fenolowej | 0-4             | 6,08          | 20,31           | 0,9856 |
|                   |                    | >30             | 1,59          | 5,63            | 0,9785 |
| topola            | z fenolu           | 0-4             | 5,00          | 12,35           | 0,9787 |
|                   |                    | >30             | 1,74          | 6,63            | 0,9901 |
|                   | ze smoły fenolowej | 0-4             | 5,20          | 15,10           | 0,9203 |
|                   |                    | >30             | 1,72          | 4,87            | 0,9429 |

Można zauważyć, że zawartość żywicy fenolowo-formaldehydowej z odpadowej smoły fenolowej powoduje znacznie większy przyrost wytrzymałości na ściskanie w kierunku promieniowym suchego drewnofenu z obu gatunków drewna niż zawartość żywicy z fenolu (rys.1 i 2). Jest to bardziej wyraźne w przypadku drewnofenu z sosny niż z topoli, o czym świadczą większe wartości współczynników  $m$  (tab.1),

natomiast wpływ zawartości żywicy z fenolu na przyrost wytrzymałości na ściskanie w kierunku promieniowym suchego drewnofenu z obu badanych gatunków drewna jest bardzo podobny.

Nasączenie wodą do całkowitego spęcznienia powoduje znaczny spadek wytrzymałości na ściskanie w kierunku promieniowym drewna i drewnofenu z obu badanych gatunków drewna. Zmniejszeniu ulegają także przyrosty tej wytrzymałości pod wpływem obu użytych do modyfikacji żywic (rys.1 i 2). W dalszym ciągu jednak zachowane zostają prawie wszystkie prawidłowości zachodzące w przypadku suchego drewnofenu. Mianowicie, zawartość żywicy fenolowo-formaldehydowej ze smoły fenolowej powoduje większy przyrost wytrzymałości na ściskanie w kierunku promieniowym drewna sosny niż drewna topoli, a wpływ zawartości żywicy z fenolu na przyrost tej wytrzymałości obu gatunków drewna jest prawie identyczny, natomiast zawartość żywicy ze smoły fenolowej powoduje nieco mniejszy przyrost wytrzymałości na ściskanie w kierunku promieniowym niż zawartość żywicy z fenolu, a więc odwrotnie niż w przypadku suchego drewnofenu.

Podsumowując można stwierdzić, że związki chemiczne zawarte w żywicy fenolowo-formaldehydowej z odpadowej smoły fenolowej wywierają dość duży wpływ na wytrzymałość drewnofenu na ściskanie w kierunku promieniowym. Prawdopodobnie w suchym drewnofenie związki te tworząc liczne wiązania drugiego rzędu z substancją drzewną utrudniają przemiany konformacyjne cząsteczek w takim stopniu, że powoduje to wzrost wytrzymałości. Nasączenie drewna wodą i związane z tym spęcznienie powoduje przerwanie większości tych wiązań i związany z tym spadek wpływu zawartości żywicy ze smoły fenolowej na wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym. Fakt, że zawartość żywicy z fenolu jednakowo wpływa na przyrost wytrzymałości obu badanych gatunków drewna, a żywica ze smoły fenolowej w większym stopniu podwyższa wytrzymałość drewna sosny niż topoli zarówno w stanie suchym, jak i mokrym może wskazywać, że składnikiem substancji drzewnej, z którym tworzą się wspomniane wyżej wiązania, jest lignina, której zawartość w drewnie sosny jest większa niż w drewnie topoli. Dokładniejsze wyjaśnienie tych problemów wykraczało jednak poza zakres niniejszej pracy.

Podane wyniki badań mają pewien aspekt praktyczny. Mianowicie, przyjmując, że wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym w stanie zupełnie spęczniałym drewna podkładów kolejowych powinna wynosić przynajmniej 2,5 MPa, obliczono na podstawie równania

(1) i tabeli 1 ilość żywicy z odpadowej smoły fenolowej, jaką należy wprowadzić do drewna, aby po modyfikacji otrzymany drewnofen spełniał to wymaganie. Dla obu badanych gatunków drewna otrzymano bardzo podobne wartości, tzn. około  $160 \text{ kg/m}^3$ . Wynika to z faktu, że różnice między wytrzymałością na ściskanie w kierunku promieniowym całkowicie spęczniałego drewnofenu z obu tych gatunków drewna są bardzo nieznaczne i mieszczą się w granicach błędu pomiaru.

## 5. WNIOSKI

1. Wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym drewnofenu z sosny i topoli jest liniowo zależna od zawartości żywicy fenolowo-formaldehydowej.

2. Rodzaj żywicy, tzn., czy jest to żywica z czystego fenolu, czy też z odpadowej smoły fenolowej w istotny sposób wpływa na wartość przyrostu wytrzymałości drewnofenu na ściskanie w kierunku promieniowym.

3. Wpływ zawartości żywicy na wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym drewnofenu z obu gatunków drewna jest bardzo podobny.

4. Drewnofen z sosny i topoli zawierający ok.  $160 \text{ kg/m}^3$  żywicy fenolowo-formaldehydowej z odpadowej smoły fenolowej ma w stanie zupełnie spęczniałym wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym wystarczającą do zastosowania go do wytwarzania podkładów kolejowych.

## LITERATURA

1. Kamiński A., Pytlak S.: Sposób ulepszania drewna. Patent PRL nr 103496, 1977.
2. Kamiński A., Pytlak S.: Drewno modyfikowane i możliwości jego stosowania w kolejnictwie. Probl. Kolej. z. 86, 1979 s.105-118.
3. Kamiński A., Pytlak S.: Versuche zur Vergütung von Eisenbahnschwellen mit phenolhaltigen Mitteln. Holztechnologie, 20, 1, 1979, s. 40-42.
4. Podniesińska M.: Wybrane mechaniczne własności drewna modyfikowanego mieszaniną zawierającą odpadową smołę fenolową. Praca dyplomowa, SGGW-AR Instytut Technologii Drzewnictwa, Warszawa, 1979, maszynopis.
5. Polska Norma PN-77/D-04229. Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie w poprzek włókien.

6. Pytlak S.: Próba analizy przyczyn zużycia drewnianych podkładów kolejowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 178, 1976, s. 87-92.
7. Volk W.: Statystyka stosowana dla inżynierów. WNT Warszawa 1973.

И. Юрковска, А. Каминьски

ИСПЫТАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СЖАТИЮ ПОПЕРЕК ВОЛОКОН  
ЛИГНОФЕНА ПРОИЗВЕДЕННОГО ИЗ СОСНОВОЙ И ТОПОЛЕВОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Р е з ю м е

Испытывали устойчивость сжатию сосновой и ольховой древесины, природной и модифицированной феноло-формальдегидной смолой. Установлена линейная зависимость устойчивости от содержания смолы. При этом существенным является, была ли смола изготовлена из чистого фенола, или из отходного фенолового дегтя. Введение в древесину  $160 \text{ кг/м}^3$  феноловой смолы изготовленной из отходного фенолового дегтя обеспечивает в набухшем состоянии устойчивость сжатию достаточную для использования такой древесины для производства железнодорожных шпал.

J. Jurkowska, A. Kamiński

TESTS ON COMPRESSION STRENGTH ACROSS TO THE FIBRES  
OF LIGNOPHEN MADE FROM PINE AND POPLAR WOOD

S u m m a r y

Compression strength of pine and poplar wood, natural and modified with phenolo-formaldehyde resin, was tested. A linear dependence of the strength on the resin content has been proved. Of significance is at that the question, whether the resin was made from pure phenol or from waste phenolic tar. Introduction into wood  $160 \text{ kg/m}^2$  of phenolic resin obtained from waste phenolic tar ensures its compression strength in swelled state sufficient for using such a wood for production of railway sleepers.