

## BADANIE STOPNIA UPLASTYCZNIENIA DREWNA METODĄ ZANIKAJĄCYCH DRGAŃ SKRĘTNYCH

*Zbigniew Morze*

Instytut Tworzyw Drzewnych Akademii Rolniczej w Poznaniu

W niektórych gałęziach przemysłu drzewnego drewno poddawane jest procesom uplastycznienia. I tak np. hydrotermiczne uplastycznianie drewna przed jego rozwłóknianiem stanowi jeden z podstawowych procesów w produkcji płyt pilśniowych. Od sposobu jego przeprowadzania zależy w dużej mierze jakość masy oraz wykorzystanie surowca, stopień obciążenia ścieków i energochłonność defibracji. Dla poprawnego przeprowadzenia rozwłókniania znajomość przebiegu procesu plastyfikacji drewna ma więc bardzo istotne znaczenie.

Zagadnienie wpływu równoczesnego oddziaływania temperatury i wody na zmiany chemiczne oraz fizyczne i mechaniczne właściwości drewna było przedmiotem wielu badań, jednakże większość wykonanych w tym zakresie prac dotyczy właściwości drewna poddanego hydrotermicznej obróbce, oznaczanych po ustaniu tego zabiegu, co pozwala określić jedynie trwałe, nieodwracalne zmiany jakim ulegało drewno.

Tymczasem jedynie znajomość zmian przejściowych, możliwych do uchwycenia tylko w trakcie trwania procesów uplastyczniających, oraz dynamiki ich narastania umożliwić może określenie technologicznego optimum stopnia uplastycznienia w procesie rozwłókniania [2]. Badanie przebiegu procesów uplastyczniających drewno w trakcie jego parzenia w warunkach stosowanych, np. w technice rozwłókniania (temp. 180°C i ciśnienie ok. 10 at), napotyka na istotne trudności, wymaga bowiem z jednej strony doboru możliwie precyzyjnego kryterium stopnia uplastycznienia, z drugiej zaś opracowania odpowiednich metod i urządzeń pomiarowych. Plastyfikujące działanie temperatury i wody na tkankę drzewną polega jak wiadomo na rozluźnieniu jej struktury wskutek przegrupowań molekularnych. W zależności od intensywności oraz czasu oddziaływania czynników plastyfikujących, zjawiska te mają mniej lub bardziej trwały charakter.

Przemiany struktury molekularnej drewna zachodzące pod wpływem działania temperatury i wody powodują z kolei zmianę przebiegu procesów dyssypacyjnych, dających się określić za pomocą wskaźników tarcia wewnętrznego, charakteryzujących lepkość i sprężystość właściwości materiału. Znajomość tych właściwości winna umożliwić określenie stopnia uplastycznienia drewna przy danych parametrach hydrotermicznej obróbki. Natomiast pomiar lepkość i sprężystości właściwości drewna poddawane hydrotermicznej obróbce dokonywany w możliwie krótkich odstępach czasu pozwala ustalić dynamikę procesu uplastycznienia.

Lepkość i sprężystość właściwości materiału można określić bądź za pomocą metod opartych na pomiarze ruchliwości fragmentów molekuł jak np. metodą rezonansu jądrowego czy strat dielektrycznych, bądź też za pomocą metod mechanicznych. Ponieważ w technice uplastyczniania drewna główną rolę odgrywają procesy zachodzące na szczeblu nadmolekularnym, najczęściej stosowane są tu metody mechaniczne, spośród których wyróżnić można metody statyczne oparte na pomiarze wielkości odkształceń nie odwracalnych oraz metody dynamiczne, w których stosowane są drgania swobodne lub wymuszone.

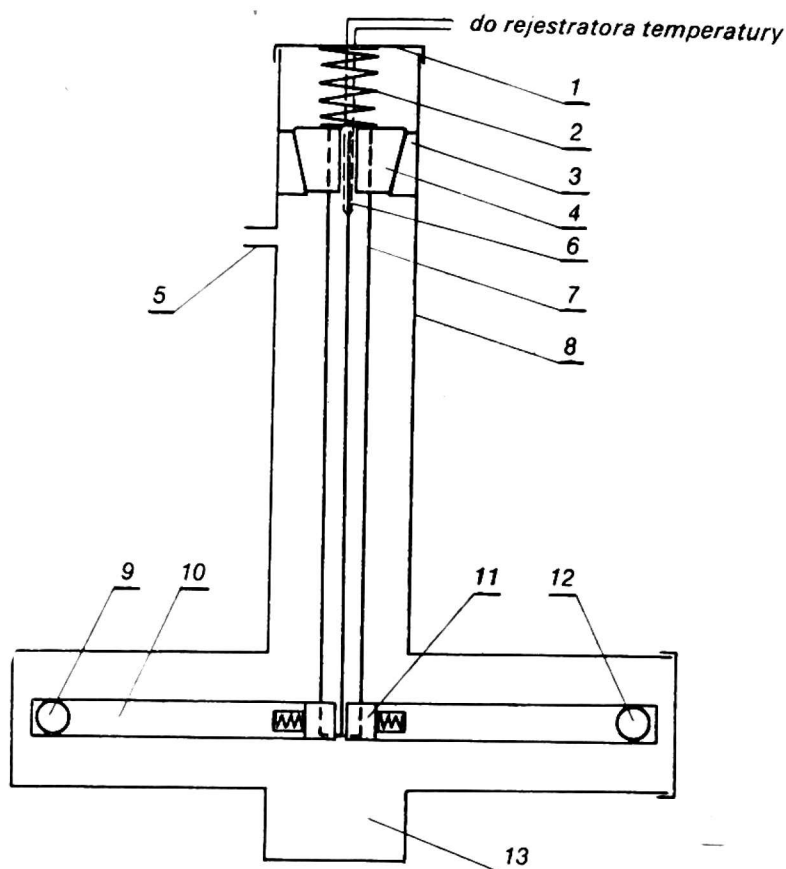
Badanie dynamiki procesu hydrotermicznego uplastyczniania próbki w trakcie działania na nią czynników uplastyczniających, wymagające dokonywania pomiaru w bardzo krótkich odstępach czasu, wyklucza oczywiście możliwość zastosowania metod statycznych. W tym przypadku ograniczone zastosowanie mają również metody drgań wymuszonych, związane są one bowiem z koniecznością każdorazowego wyznaczenia krzywej rezonansowej drgań próbki, co jest czynnością stosunkowo czasochłonną. Okoliczności powyższe przemawiają za słusnością użycia do tych celów metody drgań swobodnych o kierunku prostopadłym do kierunku rozchodzenia się fali. Metoda ta pozwala bowiem określić moduł postaciowy  $G$  najlepiej charakteryzujący stan wiązań w materiale [1] oraz logarytmiczny dekrement tłumienia charakteryzujący ilość energii mechanicznej zamienionej na ciepło w czasie jednego cyklu odkształceń.

Na podstawie powyższych przesłanek w Instytucie Tworzyw Drzewnych Akademii Rolniczej w Poznaniu skonstruowano urządzenie do pomiaru lepkość i sprężystości właściwości próbek drewna w trakcie równoczesnego oddziaływania na nie wysokiej temperatury i ciśnienia, oparte na wykorzystaniu przebiegu zanikających drgań skrętnych.

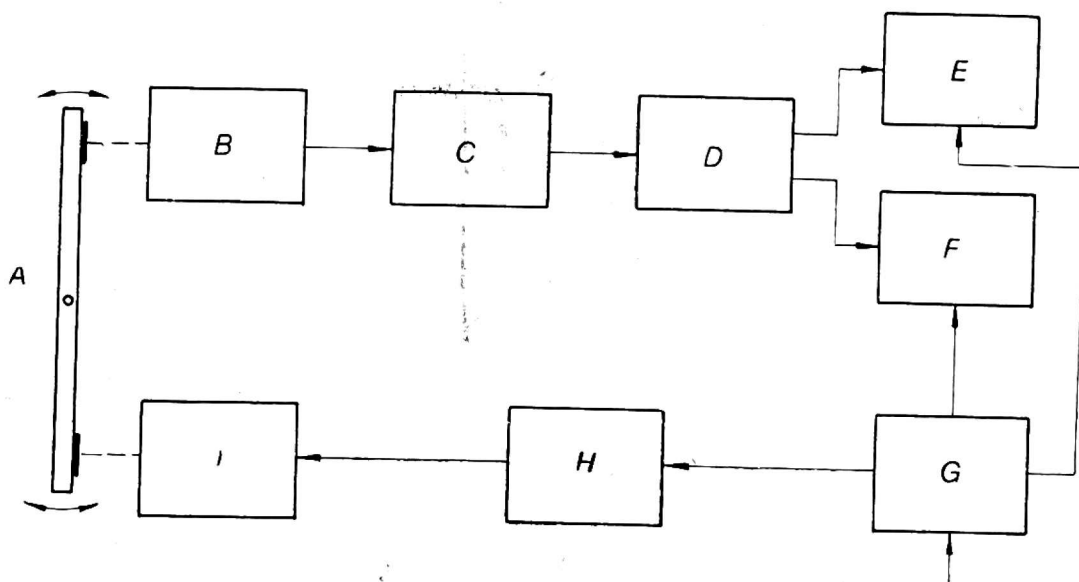
Na rysunku 1 przedstawiono schemat urządzenia, zaś na rysunku 2 schemat blokowy aparatury elektrycznej do wzbudzania i rejestracji zanikających drgań skrętnych próbki.

Skonstruowane urządzenie umożliwia:

— badanie próbki drewna w trakcie oddziaływania na nią temperatury i ciśnienia;

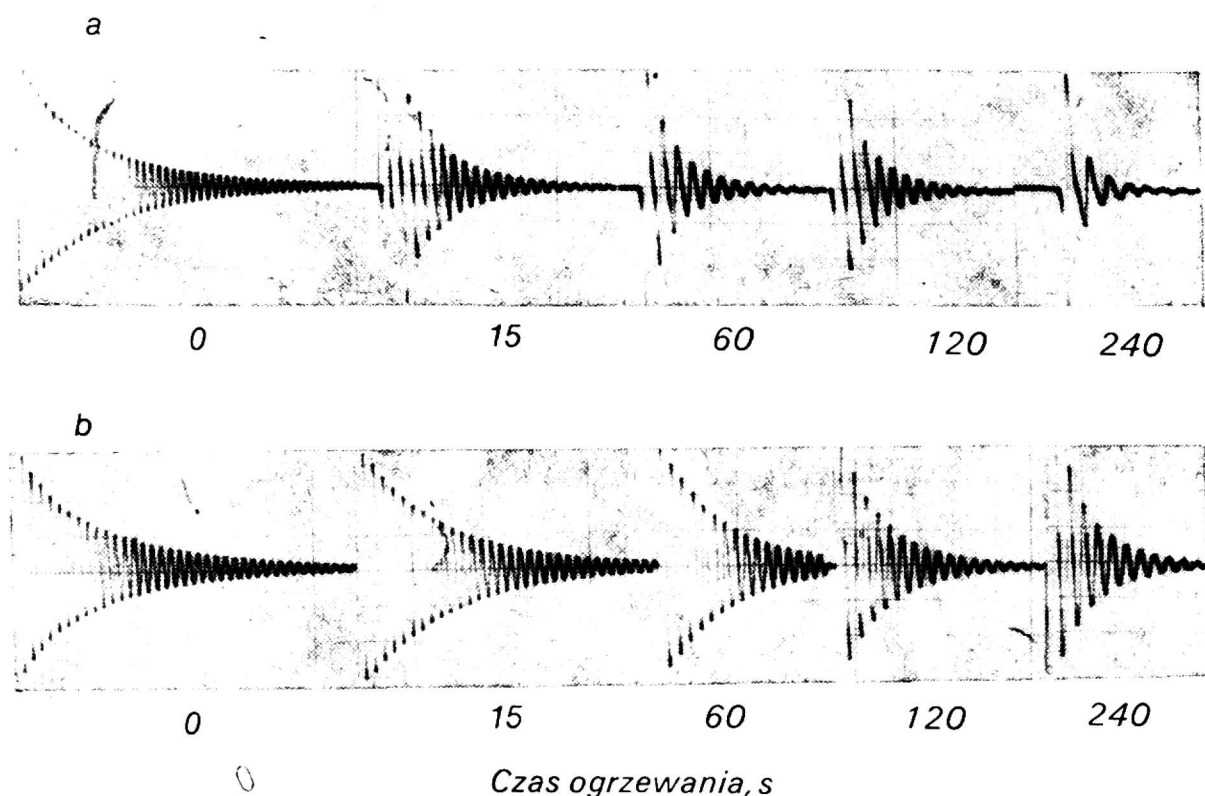


Rys. 1. Schemat urządzenia do pomiaru lepkości sprężystości drewna w trakcie jego hydrotermicznej obróbki: 1 — pokrywa autoklawu rurowego, 2 — element sprężysty samomocującego zacisku, 3 — gniazdo zacisku, 4 — górny samomocujący uchwyt stożkowy, 5 — króciec dopływu pary, 6 — końcówka termoelementu wprowadzona do próbki, 7 — próbka drewna o przekroju kwadratowym, 8 — autoklaw rurowy, 9 — magnetoelektryczny przetwornik pomiarowy drgań, 10 — poprzeczne ramię wahadła skrętnego, 11 — dolny zacisk samomocujący, 12 — magnetoelektryczny przetwornik wzbudzania drgań, 13 — zbiornik kondensatu



Rys. 2. Schemat blokowy aparatury elektrycznej do wzbudzania i rejestracji drgań skrętnych próbki drewna w trakcie jej hydrotermicznej obróbki: A — ramię wahadła skrętnego z płytkami ferromagnetycznymi; B — spolaryzowany przetwornik magnetyczny drgań próbki, C — elektroniczny wzmacniacz wstępny, D — dolno-przepustowy filtr LC, E — rejestrator szybkodziennych przebiegów, F — częstościomierz-czasomierz liczący PFML, G — zasilacz prądu stałego, H — zespolony układ włączania, I — magnetyczny wskaźnik drgań

- krótki czas pomiaru (ok. 15 s) przy równoczesnym wzbudzeniu drgań próbki i ich zapisu;
- prześledzenie przebiegu całego procesu uplastyczniania na tej samej próbce.



Rys. 3. Charakterystyczne krzywe zapisu zanikających drgań swobodnych próbki drewna w trakcie hydrotermicznej obróbki: a — w temp. 180°C, b — w temp. 120°C

Charakterystyczne krzywe zapisu drgań skrętnych próbki przedstawiono na rysunku 3. Na podstawie przebiegu krzywej zapisu drgań oblicza się moduł sprężystości postaciowej wg wzoru:

$$G = \frac{4\pi^2 I l f^2}{K_1 a b^3} ;$$

gdzie:

- $I$  — moment bezwładności próbki o przekroju prostokątnym,
- $l$  — długość czynna próbki,
- $f$  — częstotliwość swobodnych drgań skrętnych próbki,
- $K_1$  — współczynnik zależny od stosunku boków próbki ,
- $a$  — szerokość próbki,
- $b$  — grubość próbki,

oraz logarytmiczny dekrement tłumienia:

$$\lambda = \ln \frac{A_0}{A_n} ;$$

gdzie:

- $A_0$  i  $A_n$  — sąsiednie amplitudy swobodnych drgań próbki.

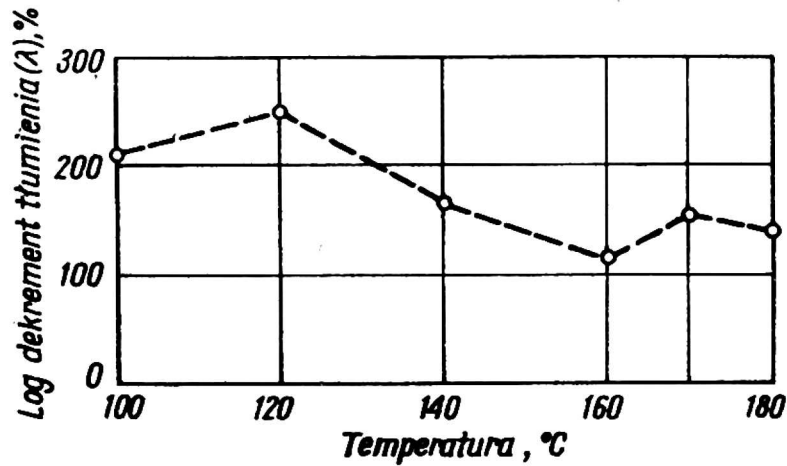
Omawiana metoda pozwala również stwierdzić jakiego rodzaju wiązania ulegają dysocjacji w procesie uplastyczniania hydrotermicznego bądź też oddziaływania innych czynników. Jako kryterium oceny posłużyć tu może odwracalność wartości liczbowych modułu sprężystości postaciowej  $G$ , co ilustruje tabela 1. Jak wynika z tabeli, w stosowanych warunkach hydrotermicznej obróbki dysocjacja wiązań I rzędu jest stosunkowo niewielka.

Tabela 1

Przejściowe i trwałe zmiany wartości modułu postaciowego  $G$  drewna sosny o wilgotności początkowej 30% w zależności od czasu i temperatury jego hydrotermicznej obróbki

Parametry hydrotermicznej obróbki drewna	Moduł sprężystości postaciowej drewna $G$					
	przed obróbką hydrotermiczną		w czasie obróbki hydrotermicznej (zmiany przejściowe)			po obróbce hydrotermicznej (zmiany trwałe)
temperatura °C	czas s	kG/cm <sup>2</sup> × 10 <sup>3</sup>	kG/cm <sup>2</sup> × 10 <sup>3</sup>	% wartości przed obróbką hydrotermiczną	kG/cm <sup>2</sup> × 10 <sup>3</sup>	% wartości przed obróbką hydrotermiczną
120	15	4,86	2,35	48	4,81	99
	30		1,61	33	4,86	100
	60		1,21	25	4,81	99
	120		1,04	21	4,78	98
	240		0,97	20	4,76	98
140	15	2,28	1,16	27	4,18	98
	30		0,84	20	4,20	98
	60		0,75	18	4,17	97
	120		0,74	17	4,14	97
	240		0,66	15	4,16	97
160	15	4,05	0,89	22	3,99	99
	30		0,73	18	3,95	98
	60		0,69	17	3,91	97
	120		0,59	15	3,91	97
	240		0,53	13	3,87	96
170	15	3,81	0,81	21	3,67	96
	30		0,70	18	3,65	96
	60		0,64	17	3,65	96
	120		0,55	14	3,64	96
	240		0,55	12	3,60	94
180	15	4,25	0,66	16	4,04	95
	30		0,62	15	4,01	94
	60		0,54	13	3,99	94
	120		0,45	11	3,94	93
	240		0,34	8	3,93	92

Innym kryterium oceny przebiegu dysocjacji wiązań jest kształtowanie się liczbowych wartości tarcia wewnętrznego w funkcji temperatury lub częstotliwości. Na rysunku 4 przedstawiono wykres ilustrujący zależność logarytmicznego dekrementu tłumienia drewna sosny w zależ-



Rys. 4. Wpływ temperatury hydrotermicznej obróbki drewna sosny o wilgotności początkowej 30<sup>0</sup>/<sub>0</sub> ogrzewanego przez okres 60 s na jego lepkość i sprężystość

ności od temperatury hydrotermicznej obróbki. Przebieg tego procesu charakteryzuje się obecnością dwóch maksimów wartości logarytmicznego dekrementu tłumienia, a mianowicie przy 120°C oraz 170°C. Obecność tych maksimów świadczy o występowaniu w tych warunkach w ogrzewanym drewnie zjawiska dysocjacji wiązań drugorzędowych o różnej energii, wywołującej przegrupowanie elementów nadmolekularnej struktury drewna [3].

Jak wykazały badania sprawdzające, lepkość i sprężystość określone przedstawioną wyżej metodą są czułym kryterium oceny zarówno stopnia uplastyczniania drewna, jak i innych zmian zachodzących w strukturze wiązań drewna i tworzyw drewnopochodnych.

#### LITERATURA

1. Jerychow B. P., Morze Z.: Badanie niektórych reologicznych właściwości drewna. PTPN t. 2, z. 4, Poznań 1968.
2. Morze Z.: Właściwości lepkość i sprężystość jako kryterium oceny zmian zachodzących w drewnie w postaci produkcji płyt pilśniowych, (maszynopis ITD AR, Poznań 1975).
3. Poliszko S.: Tarcie wewnętrzne jako kryterium zmian strukturalnych w drewnie, (maszynopis rozprawy doktorskiej AR, Poznań 1974).

*З. Може*ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ПЛАСТИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЗАТУХАЮЩИХ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

## Резюме

Представлены разработанный метод и установка для измерения вязко-упругих свойств древесины во время воздействия на нее перегретого пара в условиях близких условиям дефибрации.

Установка является трубчатым автоклавом в виде перевернутой буквы Т, внутри которого односторонне закреплен образец, соответствующий размерами технологической щепе, на конце которого находится поперечная балочка. Образец и балочка составляют крутильный маятник. Роль инерционной массы маятника исполняют закрепленные на плечах балочки ферромагнитные пластинки для возбуждения и записи затухающих крутильных колебаний. Путем открытия клапана генератора, в установку вводят соответствующее количество пара с определенной температурой, одновременно приводя образец электрическим импульсом в крутильные колебания. Колебания принимаемые поляризованным индуктивным датчиком, встроенным в противоположенное плечо прибора, после усиления записываются на термочувствительной пленке. На основе анализа кривой хода затухающих свободных колебаний образца, возбуждаемых с 15 сек. интервалом, вычисляют модуль упругости формы G, а также логарифмический декремент затухания. Результаты замеров позволяют определить степень пластификации древесины в момент замера, а также динамику наращивания пластифицирующих процессов.

*Z. Morze*INVESTIGATION ON THE DEGREE OF WOOD PLASTICIZATION  
BY FREE VIBRATION DECAY METHOD

## Summary

Developed method and device for measurement of viscoelastic properties of wood, subjected to the action of superheated steam under conditions approximating commercial defibration, are presented in the paper.

The device consists of tubular autoclave, in the shape of upturned letter T, inside of which, the sample of dimensions approximate to those of commercial chips is unilaterally mounted with a small transversely attached to the free end of the sample. The sample with attached beam thus forms a torsional pendulum. Fixed to the beam ferromagnetic plates, intended to induce and record decaying torsional vibrations, are performing the role of inertia masses of the pendulum. By turning on the valve of steam generator, a proper amount of steam at fixed temperature is introduced into the device and, simultaneously, an electric impulse sets the sample in torsional vibrations. Polarized induction sensor, mounted on opposite arm of the device, picks up vibrations which, after amplification, are recorded on heat-sensitive film. Shape elasticity modulus G and logarithmic damping decrement are calculated from the curve representing the course of sample decaying free vibrations induced every 15 seconds. Measurement results allow for the determination of the degree of wood plasticization at the moment of measurement as well as the dynamics of plasticizing processes accretion.