

## WSPÓLZALEŻNOŚCI POMIĘDZY WSKAŹNIKAMI CHEMICZNEJ I MORFOLOGICZNEJ CHARAKTERYSTYKI DREWNA A CECHAMI UŻYTKOWYMI MAS CELULOZOWYCH SIARCZANOWYCH

*Barbara Surma-Ślusarska, Włodzimierz Surewicz*

Institut Papiernictwa i Maszyn Papierniczych Politechniki Łódzkiej

Określono związki korelacyjne pomiędzy wskaźnikami chemicznej i morfologicznej charakterystyki drewna sosnowego i bukowego a właściwościami użytkowymi wytworzonych z nich mas celulozowych siarczanowych.

### WPROWADZENIE

Niniejsza publikacja jest trzecią z cyklu prac dotyczących przydatności drewna sosnowego i bukowego do wyrobu mas celulozowych siarczanowych. W dwóch pierwszych przedstawiono wyniki badań wpływu wieku drzew i jakości siedliska na wydajność i właściwości mas celulozowych, wytworzonych z drewna sosnowego [8] i bukowego [9]. Oznaczone w tych badaniach cechy surowców drzewnych i mas celulozowych wykorzystano w niniejszej publikacji do oceny wzajemnych zależności.

Na występowanie ścisłych związków pomiędzy wskaźnikami składu chemicznego i morfologii włókien drewna a wydajnością i właściwościami wytrzymałościowymi wytworzonej z niego masy celulozowej zwracało uwagę wielu autorów [1 - 6, 10]. Również wyniki prac wykonanych w Instytucie Papiernictwa i Maszyn Papierniczych P. Ł. W latach 1976 - 1979 wskazywały, że wydajność mas celulozowych siarczanowych zależy istotnie od stosunku zawartości podstawowych składników chemicznych drewna, celulozy i ligniny, zaś wytrzymałość mas jest bezpośrednio związana z cechami morfologicznymi włókien surowca, takimi jak długość, grubość ścianek komórkowych oraz ich udział w przekroju poprzecznym włókien [7].

Z uwagi na potencjalne praktyczne znaczenie tych zależności uznano za celowe sprawdzenie ich występowania w odniesieniu do odpowiednio licznych zbiorów prób drewna sosnowego i bukowego.

## SPOSÓB WYZNACZANIA KORELACJI

Zbadano związki korelacyjne pomiędzy wskaźnikami składu chemicznego i morfologii włókien surowca a właściwościami użytkowymi mas celulozowych siarczanowych, w odniesieniu do 12 prób drewna sosnowego oraz 9 prób drewna bukowego.

Metodyka oznaczania poszczególnych cech surowców i mas oraz uzyskane wyniki zostały szczegółowo omówione w dwóch pierwszych publikacjach [8, 9].

Jeżeli nie było istotnych przeciwwskazań, do oceny związku korelacyjnego przyjęto współczynnik korelacji prostoliniowej Pearsona. Obliczenia wykonano najpierw dla cech surowców i mas celulozowych w ramach gatunku (sosna, buk), a następnie w przedziale wartości, obejmującym obydwie surowce. W tym drugim przypadku, z uwagi na skupianie się punktów doświadczalnych w dwóch przedziałach, do obliczeń stosowano współczynnik korelacji porządkowej Spearmana. Ten sposób zastosowano również do oceny współzależności pomiędzy liczbą podwójnych zgięć a wskaźnikami struktury włókien, które odbiegały od zależności prostoliniowych. Istotność współczynnika korelacji oceniono na dwóch poziomach prawdopodobieństwa: 0,95 i 0,99.

## DYSKUSJA WYNIKÓW

Cechy surowców i mas celulozowych wykazujące wzajemne korelacje oraz wartości współczynnika determinacji zestawiono w tabeli 1. Jak wynika z tych danych, chemiczna i morfologiczna charakterystyka drewna wywiera znaczący wpływ na użytkowe właściwości mas celulozowych siarczanowych. Wprawdzie wartości współczynnika determinacji wskazują, że ujawnione proste korelacje nie pozwalają na precyzyjne określenie wskaźników jakości mas celulozowych, to jednak umożliwiają one oszacowanie poziomu poszczególnych cech oraz uchwycenie ich kierunkowych zmian towarzyszących zmianom składu chemicznego i morfologii włókien surowca.

## WYDAJNOŚĆ MASY CELULOZOWEJ

Z naszych wcześniejszych prac wynikało, że wydajność masy celulozowej siarczanowej o określonym stopniu roztworzenia jest w przybliżeniu prostoliniowo skorelowana ze wskaźnikiem składu chemicznego drewna, wyrażonym przez stosunek zawartości celulozy do sumy zawartości ligniny i substancji ekstrakcyjnych [7]. Występowanie tej zależności stwierdzono także w niniejszych badaniach, zarówno w ramach poszczególnych gatunków drewna (sosna, buk), jak i rozszerzonym zakresie wartości, obejmującym obydwie surowce (tab. 1). Biorąc pod uwagę wpływ wieku drzew na ich skład chemiczny, wyrażający się na ogół we wzroście zawartości celulozy, można stwierdzić, że z punktu widzenia wydajności masy celulozowej z surowca, bardziej opłacalny jest przerób drewna drzew starszych, (np. 40 - 50-letnich) niż 20-letnich.

Tabela 1

Współzależności pomiędzy cechami surowców drzewnych i mas celulozowych siarczanowych  
Interrelation between some properties of wood and kraft pulps

Cechy masy celulozowej Properties of pulp	Cechy surowca Features of wood	Współczynnik determinacji Determination coefficient R <sup>2</sup>		
		sosna pine	buk beech	sosna i buk pine and beech
Wydajność Yield	– stosunek zawartości celulozy do sumy zawartości ligniny wagowej i substancji ekstrakcyjnych ratio of cellulose content to the sum of acid-insoluble lignin and extractives contents	(+) 0,46 <sup>2</sup>	(+) 71 <sup>1</sup>	(+) 0,88 <sup>1</sup>
Właściwości masy cel. zmielonej do 30°SR Pulp properties at wetness of 30°SR				
Gęstość Sheet density	– iloczyn grubości ścianki komórkowej włókien i ich udziału wagowego w drewnie product of fiber wall thickness fiber content by weight	(-) 0,67 <sup>1</sup>	(-) 0,79 <sup>1</sup>	(-) 0,39 <sup>1</sup>
	– iloczyn wskaźnika Mühlstepha i jednostkowego wskaźnika masy komórek drewna product of Mühlsteph index and wood cells coarseness	(-) 71 <sup>1</sup>	N	(-) 0,63 <sup>1</sup>
	– iloraz jednostkowego wskaźnika masy komórek drewna i szerokości włókien ratio of wood cells coarseness and fiber width	(-) 0,66 <sup>1</sup>	N	(-) 0,49 <sup>1</sup>
	– grubość ścianki komórkowej włókien fiber wall thickness	(-) 0,59 <sup>1</sup>	(-) 0,66 <sup>1</sup>	(-) 0,93 <sup>1</sup>
	– gęstość drewna wood density	(-) 0,77 <sup>1</sup>	B	B
	– jednostkowy wskaźnik masy komórek drewna coarseness of wood cells	(-) 0,66 <sup>1</sup>	N	B
Samozerwalność Breaking length	– grubość ścianki komórkowej włókien fiber wall thickness	(-) 0,53 <sup>1</sup>	N	(-) 0,80 <sup>1</sup>
	– wskaźnik Mühlstepha Mühlsteph index	N	N	(-) 0,77 <sup>1</sup>
	– wskaźnik sztywności włókien wg Runkla Runkel rigidity index	N	N	(-) 0,77
Przepuklenie Burst index	– grubość ścianki komórkowej włókien fiber wall thickness	(-) 0,56 <sup>1</sup>	N	(-) 0,79 <sup>1</sup>
	– wskaźnik Mühlstepha Mühlsteph index	(-) 0,41 <sup>2</sup>	(-) 0,57 <sup>2</sup>	(-) 0,79 <sup>1</sup>
	– wskaźnik sztywności włókien wg Runkla Runkel rigidity index	(-) 0,50 <sup>2</sup>	(-) 0,50 <sup>2</sup>	(-) 0,79 <sup>1</sup>
Opór przedarcia Tear index	– długość włókien fiber length	(+) 0,43 <sup>2</sup>	(+) 0,61 <sup>2</sup>	(+) 0,87 <sup>1</sup>
	– jednostkowy wskaźnik masy komórek drewna coarseness of wood cells	(+) 0,67 <sup>1</sup>	N	(+) 0,81 <sup>1</sup>
	– grubość ścianki komórkowej włókien fiber wall thickness	(+) 0,46 <sup>2</sup>	N	B
Liczba podwójnych zgięć Double folds number	– wskaźnik giętkości włókien flexibility index	N	N	(+) 0,67 <sup>1</sup>
	– wskaźnik Mühlstepha Mühlsteph index	N	N	(-) 0,71 <sup>1</sup>
	– długość włókien fiber length	B	(+) 0,72 <sup>1</sup>	(+) 0,50 <sup>1</sup>

(+) korelacja dodatnia (positive correlation)

(-) korelacja ujemna (negative correlation)

1.2 korelacja istotna na poziomie prawdopodobieństwa 0,99 i 0,95  
significant correlation on the probability level of 0,99 and 0,95

N – korelacja nieistotna na poziomach prawdopodobieństwa 0,99 i 0,95  
nonsignificant correlation on the probability levels of 0,99 and 0,95

B – brak korelacji (no correlation)

## WŁAŚCIWOŚCI MASY CELULOZOWEJ

## Masa objętościowa

Jak wynika z danych tabeli 1, gęstość mas celulozowych pozostaje w odwrotnie proporcjonalnej zależności z grubością ścianki komórkowej włókien i wskaźnikami charakteryzującymi jej udział we włóknach, jak np. iloczyn wskaźnika Mühlstepha i jednostkowego wskaźnika masy włókien. Biorąc to pod uwagę można przewidywać, że masy celulozowe wytworzone z cienkich sortymentów drewna, zawierających z reguły włókna o mniejszych wymiarach i cieńszych ściankach, będą charakteryzowały się większą masą objętościową niż masy uzyskane z drewna typowej papierówki. Ponadto, gęstość mas celulozowych będzie wzrastać wraz ze zwiększaniem się udziału w surowcu drewna wczesnego, które w przeważającej mierze zawiera cienkościenne komórki włókniste.

## Samozerwalność i przepuklenie

Podobnie jak w przypadku gęstości, na wskaźniki wytrzymałości statycznej mas celulozowych siarczanowych odwrotnie proporcjonalny wpływ wywiera grubość ścianki komórkowej włókien oraz jej udział w przekroju poprzecznym włókna, a także wskaźnik sztywności komórek włóknistych (tab. 1). Jak wynika z wartości współczynnika determinacji, istotność odnośnych korelacji jest większa w szerokim zakresie zmiennych. Prawdopodobnie jest to związane z większą liczbą obserwacji oraz z szerszym zakresem zmian wartości wskaźników.

Ujawnione zależności prowadzą do wniosku, że masy celulozowe sosnowe wytworzone z cienkich sortymentów drewna będą wykazywać właściwości wytrzymałościowe statyczne co najmniej równorzędne z właściwościami mas wytworzonych z typowej papierówki. W przypadku drewna bukowego nie jest to takie oczywiste ponieważ dla tego surowca nie stwierdzono występowania ukierunkowanych zmian grubości ścianki komórkowej włókien wraz z wiekiem drzew [9].

## Opór przedarcia

Jak wynika z danych tabeli 1, w szerokim przedziale zmiennych, opór przedarcia wykazuje dość dobrą korelację z długością włókien i jednostkowym wskaźnikiem masy komórek drewna. W ramach gatunków znaczenie obydwu wskaźników zmniejsza się ze względu na mniejszy zakres zmian. Można jednak przewidywać, że masy celulozowe siarczanowe wytworzone z cienkich sortymentów drewna będą wykazywały mniejszy opór przedarcia niż masy wytworzone z typowej papierówki, chociażby ze względu na mniejszą z reguły długość komórek włóknistych występujących w cieńźnie.

## Liczba podwójnych zgięć

Na liczbę podwójnych zgięć mas celulozowych siarczanowych istotny wpływ w szerokim przedziale zmiennych wywierają: giętkość włókien (wpływ dodatni), podatność włókien do spilśniania się (wskaźnik Mühlstepha, wpływ ujemny) oraz długość włókien (wpływ dodatni). W ramach badanych gatunków drewna istotność tych korelacji zmniejsza się. Jedynie w przypadku krótkowłóknistego surowca bukowego stwierdzono znaczący wpływ na liczbę podwójnych zgięć długości włókien.

Na podstawie znajomości charakterystyki morfologicznej włókien sosny i buka oraz jej zmian związanych z wiekiem drzew [8, 9] można przewidywać, że masy celulozowe wytworzone z cieniżny sośnowej powinny wykazywać liczbę podwójnych zgięć, na poziomie mas z papierówki (lub nieco niższą), natomiast masy z cienkich sortymentów drewna bukowego mogą odznaczać się wyraźnie niższymi wskaźnikami odporności na zginanie.

## PODSUMOWANIE

Znajomość składu chemicznego i morfologii włókien surowca drzewnego może być pomocna przy szacowaniu wydajności masy celulozowej siarczanowej oraz wielu jej ważnych cech, w tym gęstości i właściwości wytrzymałościowych. Jest to szczególnie ważne w ocenie przydatności nowych gatunków i sortymentów drewna oraz w wyjaśnianiu przyczyn wahań wskaźników procesu produkcji mas celulozowych siarczanowych.

Jako kryteria oceny surowca można wykorzystać niżej podane podstawowe cechy jego składu chemicznego i morfologii włókien.

Cecha surowca (wskaźnik)	Cecha masy celulozowej	Kierunek wpływu
Stosunek zawartości celulozy do sumy zawartości ligniny i substancji ekstrakcyjnych	wydajność	dodatni
Długość włókien	opór przedarcia liczba podwójnych zgięć	} dodatni
Grubość ścianki komórkowej włókien	masa objętościowa samozerwalność przepuklenie	

Praca wpłynęła do Redakcji  
w maju 1988 r.

## LITERATURA

1. van Buijtenen J. P., Zobel B. J., Joranson P. N.: Variation of some wood and pulp properties in an even-aged loblolly pine stand. *Tappi* 1961, t. 44, s. 141 - 143.
2. Dinwoodie J. M.: The relationship between fiber morphology and paper properties: A review of literature. *Tappi* 1963, t. 48, s. 440 - 447.
3. Dinwoodie J. M.: The influence of anatomical and chemical characteristics of softwood fibers on the properties of sulphate pulp. *Tappi* 1966, t. 49, s. 57 - 67.

4. Farrington A.: Wood and digester factors affecting kraft pulp quality and uniformity. *Appita* 1980, t. 34, s. 40 - 46.
5. Paavilainen L.: The influence of the chemical and morphological factors of wood fibers on the pulp fibre and on paper properties. Helsinki University of Technology, Laboratory of Pulping Technology. Report 18; 1985, s. 1 - 249.
6. du Plooy A. B. J.: The relationship between wood and pulp properties of *E. grandis* (Hill ex-Maiden) grown in South Africa. *Appita* 1980, t. 33, s. 257 - 264.
7. Surma-Ślusarska B., Surewicz W.: The effect of chemical composition and anatomical structure of wood on the yield and properties of kraft pulps. *Cellulose Chem. Technol.* 1981, t. 15, s. 77 - 97.
8. Surma-Ślusarska B., Surewicz W.: Wpływ wieku drzew i siedliska na wydajność i właściwości mas celulozowych siarczanowych. Część I. Drewno sosnowe. *Folia Forestalia Polonica. Seria B*; 1985, z. 16, s. 67 - 86.
9. Surma-Ślusarska B., Surewicz W.: Wpływ wieku drzew i siedliska na wydajność i właściwości mas celulozowych siarczanowych. Część II. Drewno bukowe. *Folia Forestalia Polonica. Seria B*; 1985, z. 16, s. 87 - 104.
10. Wangard F. F., Kellog R. M., Brinkley A. W., jr.: Variation in wood and fiber characteristics and pulp-sheet properties of slash pine. *Tappi* 1966, t. 49, s. 263 - 277.

#### КОРРЕЛАЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ФАКТОРАМИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И МОРФОЛОГИИ ВОЛОКОН ДРЕВЕСИНЫ И СВОЙСТВАМИ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

##### Резюме

Определено корреляционные связи между факторами химического состава и морфологии волокон древесины сосны и бука и свойствами сульфатной целлюлозы.

Констатировано, что выход целлюлозы зависит прежде всего от соотношения содержания целлюлозы к сумме содержания лигнина и экстракционных веществ. На объёмную массу целлюлозы, её разрывную длину и сопротивление продавливанию проявляют влияние поперечные размеры волокон, особенно толщина клеточной стенки и некоторые её показатели. Сопротивление раздиранию и число двойных перегибов связаны как с поперечными размерами волокон так и их длиной.

#### INTERRELATIONS BETWEEN CHEMICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WOOD AND PROPERTIES OF KRAFT PULPS

##### Summary

Interrelations between chemical and morphological factors of fibers and properties of kraft pulps were investigated for pine and beech wood.

It was stated, that the yield of pulp depends above all on the ratio of cellulose content to the sum of lignin and extractive content. Sheet density, breaking length and burst factor depend considerably on fiber cross dimensions, especially on cell wall thickness and some it characterizing indices. Tear and folding resistance depend both on cross dimensions of fibers and of their length.

Adres autorów

dr Barbara Surma-Ślusarska  
prof. dr Włodzimierz Surewicz  
Politechnika Łódzka

Instytut Papiernictwa i Maszyn Papierniczych  
ul. Żwirki 36, 90-924 Łódź