

ZASTOSOWANIE METOD SORPCYJNYCH I PENETROMETRYCZNYCH DO OZNACZANIA STRUKTURY DREWNA I PRODUKTÓW JEGO CHEMICZNEGO PRZEROBU, ZWŁASZCZA WĘGLI DRZEWNYCH

Zdzisław Czechowski, Marek Kiełczewski

Instytut Chemicznej Technologii Drewna Akademii Rolniczej w Poznaniu

Literatura ostatnich lat zawiera coraz więcej prac poświęconych wyznaczaniu struktury porowatej wszelkiego rodzaju adsorbentów oraz substancji posiadających strukturę włóknistą [2 - 8, 25, 27, 36].

Ciała porowate, do których zaliczamy różne gatunki drewna, a także wiele produktów jego chemicznego przerobu, jak węgle drzewne, papiery, celulozę i inne, posiadają pory od najdrobniejszych mikroporów, których rozmiary są rzędu cząsteczek, do makroporów, które można obserwować w mikroskopie [9, 16, 21, 28, 31, 38].

Na tzw. porowatość ogólną V_o substancji składają się objętości wszystkich typów porów występujących w badanym materiale. Wyliczyć ją można z następującego wzoru [22]:

$$V_o = \frac{1}{d_{\text{poz}}} - \frac{1}{d_{\text{rz}}} \text{ (cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}\text{) ;}$$

gdzie:

d_{poz} — gęstość pozorną badanej próbki,

d_{rz} — gęstość rzeczywistą badanej próbki.

Określone doświadczalnie wartości gęstości rzeczywistych i pozornych pozwalają ponadto na wyliczenie porowatości, czyli stosunku objętości porów do objętości próbki [22, 23]:

$$V_o = \left(1 - \frac{d_{\text{poz}}}{d_{\text{rz}}} \right) 100\%.$$

Gęstość badanej substancji określa się za pomocą różnych płynów piknometrycznych, jak np. helu, rtęci, metanolu, wody, benzenu, *n*-heksanu i innych [18].

Powierzchnia wszystkich ciał stałych charakteryzuje się istnieniem pewnego pola sił. Działanie tego pola powoduje, że na powierzchni gromadzą się cząsteczki gazów i par. Zachodzi tu zatem zjawisko adsorpcji [2].

Wielkość adsorpcji, tzn. ilość gazu x zaadsorbowanego (w stanie równowagi) przez jednostkę masy ciała stałego jest uzależniona od ciśnienia P , temperatury T i rodzaju adsorbowanego gazu (sorbatu), a także od charakteru powierzchni ciała stałego (adsorbentu) [3, 24, 32 - 35].

Można zatem napisać:

$$x = f(P, T, \text{gaz, ciała stałe}).$$

W odniesieniu do określonego ciała stałego, a także wybranego gazu oraz stałej temperatury otrzymać można równanie:

$$x = f(P, T, \text{ciało stałe, gaz})$$

Zależność tę nazywamy równaniem izotermy adsorpcji. Określa ona ilość zaadsorbowanej substancji w stanie równowagi w zależności od ciśnienia. Analiza izoterm adsorpcji pozwala wyliczyć pole powierzchni porów, a więc oznaczyć wielkość bezpośrednio związaną z porowatością. Podstawy teoretyczne tego zjawiska opracowali niezależnie od siebie Eucken i Polański oraz Langmuir (cyt. [24]).

Na polu nauki o fizykochemii powierzchni równanie Langmuira wyprowadzone na drodze kinetycznej zajmuje miejsce centralne. Inni autorzy wyprowadzili to równanie opierając się na założeniach termodynamicznych oraz na drodze statystycznej [1, 16, 39].

W chwili obecnej do analizy izoterm adsorpcji wykorzystuje się równanie Brunauera, Emmetta i Teller (BET), które wprowadzone zostało na drodze statystycznej i jest w pewnym stopniu uogólnieniem równania Langmuira (cyt. [40]). Ma ono następującą postać:

$$\frac{P}{X(P_0 - P)} = \frac{1}{X_m \cdot C} + \frac{C - 1}{X_m \cdot C} \cdot \frac{P}{P_0}$$

gdzie:

- P_0 — prężność pary adsorbentu w stanie nasyconym,
- X_m — masa adsorbentu zaadsorbowana w warstwie monomolekularnej,
- C — stała energetyczna.

Wykreślając na podstawie tego równania izotermę adsorpcji we współrzędnych $\frac{P}{X(P_0 - P)}$ oraz $\frac{P}{P_0}$ uzyskuje się linię prostą. Z jej nachylenia s , równego współczynnikowi kierunkowemu prostej $\sqrt{\text{tg} \alpha}$, a także

wartości g , określonej punktem przecięcia osi rzędnych z linią prostą (wyraz wolny równania BET), określa się wartości stałych X_m i C :

$$X_m = \frac{1}{s + g}; \quad C = \frac{s}{g} + 1.$$

Znalezione wartości X_m pozwalają na wyliczenie powierzchni właściwej substancji $S_{\text{BET}}(\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1})$ z zależności:

$$S_{\text{BET}} = \frac{X_m}{M} N A_m 10^{-20};$$

gdzie:

M — masa cząsteczkowa sorbatu,

N — liczba Avogadro,

A_m — powierzchnia przekroju cząsteczki sorbatu.

Najczęściej stosowanymi adsorbatami służącymi do wyznaczania pola powierzchni są: azot, argon, CO_2 , niektóre związki organiczne jak benzen n -heksan, CS_2 i inne.

Należy podkreślić, że w przypadku gdy wartości stałej C równania BET są równe lub większe od 1, wówczas uzyskujemy równanie w postaci bardziej uproszczonej:

$$\frac{P}{X(P_0 - P)} = \frac{1}{X_m} \cdot \frac{P}{P_0}.$$

W rezultacie tego wykres BET przechodzi przez początek układu współrzędnych, a jego nachylenie jest odwrotnie proporcjonalne do pojemności monowarstwy X_m [3].

Badania Brunauera, Emmetta i Teller'a ustaliły, że dla określenia X_m przy adsorpcji azotu wystarczy jeden punkt pomiarowy, gdzie $P/P_0 = 0,3$. Wartość X_m otrzymujemy z nachylenia prostej prowadzonej z tego punktu do początku układu współrzędnych.

Skróconym sposobem określania powierzchni na podstawie izoterm BET jest tzw. metoda punktu B. Polega ona na graficznym wyznaczaniu początku prostoliniowego odcinka izoterm, czyli tzw. punktu B. Odpowiadającą temu punktowi wartość adsorpcji przyjmuje się jako pojemność monowarstwy [23, 40].

W procesie testowania ciał porowatych oznaczenie wielkości powierzchni właściwej jest jednym z parametrów określających strukturę substancji. Jednak w bardziej szczegółowych badaniach uwzględnić należy szereg innych elementów kapilarnej struktury sorbentów, jak np.:

— dominujący promień porów,

- rozkład objętości porów w funkcji ich promieni,
- porowatość ogólną wyznaczoną z pomiarów gęstości rzeczywistej i pozornej.

Parametry te odgrywają ważną i decydującą rolę przy charakterystyce ciał porowatych. Podstawy teoretyczne tego zagadnienia opierają się między innymi na wykorzystaniu równania Kelvina, które mówi, że przy odpowiednio wysokich prężnościach par adsorbentu, pory substancji wypełniają się nie tylko w wyniku adsorpcji, ale także i przede wszystkim na skutek kondensacji kapilarnej [40].

Zależność pomiędzy prężnością pary a promieniem r kapilar, które w wyniku kondensacji kapilarnej przy tej prężności zostają wypełnione, ujmuje następujące równanie:

$$\ln \frac{P}{P_0} = - \frac{2V}{r_k RT} \gamma \cdot \cos \Phi ;$$

gdzie:

- V, γ — objętość molowa i napięcie powierzchniowe adsorbentu,
- Φ — kąt zwilżania ciecz-ścianka kapilary; najczęściej przyjmuje się całkowitą zwilżalność (kąt zwilżania równy zero).

Podana powyżej postać równania Kelvina dotyczy kapilar o kształcie cylindrycznym. W przypadku, gdy kapilary te posiadają inny kształt np. kulisty lub butelkowy, wprowadza się odpowiednie poprawki [17, 24].

W przypadku dokładniejszych obliczeń, należy ponadto uwzględnić poprawkę związaną ze zmianą średnic kapilar, które to zmiany występują w wyniku równoczesnej kondensacji kapilarnej oraz adsorpcji wielowarstwowej [2].

Następnym i dość istotnym elementem struktury ciała porowatego jest określenie objętości porów o promieniach leżących w przedziale 15-1000 Å. Objętości te, określone w wyniku kolejnych etapów procesu desorpcji, można wyliczyć przy pomocy tzw. II wariantu metody Dubinina [12 - 15]. Metoda ta uwzględnia zmiany grubości warstw desorpcyjnych, a dla praktycznych obliczeń wykorzystuje się następujący wzór:

$$\Delta V_n^x = \left[\Delta V_n - \Delta L_n \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \frac{2 \cdot \Delta V_i}{\bar{r}_{ki}} \right] \cdot \left[\frac{\bar{r}_{pn}}{\bar{r}_{kn}} \right]^2 ;$$

gdzie:

- ΔV_n^x — objętość kapilar przypadająca na określony obszar promieni,
- ΔV_n — zmiana wielkości sorpcji równa objętości ciekłego sorbatu,
- ΔL_n — zmiana grubości warstwy adsorpcyjnej,
- \bar{r}_{pn} — średni promień porów,

- \bar{r}_{kn} — średni promień kelwinowski porów,
 \bar{r}_{ki} — średni kolejny promień kelwinowski porów.

Znajomość objętości kapilar przypadających na określony obszar promieni ΔV_n^x oraz wartości średnich promieni porów \bar{r}_{pn} stanowią podstawę do wyliczenia kolejnego ważnego elementu struktury, a mianowicie powierzchni porów przejściowych S_p^x na podstawie zależności [17]:

$$\Delta S_p^x = \frac{2 \cdot V_n^x}{r_{pn}} \cdot 10^4.$$

Istotną rolę w procesie sorpcji na powierzchni ciał stałych odgrywa układ porów przejściowych, a szczególnie struktura mikroporów czyli porów, których promienie wynoszą mniej niż 15 Å [15].

Do określenia tej struktury najdogodniejszą i wykazującą duży stopień dokładności okazała się metoda Dubinina-Raduszkiewicza oparta na teorii objętościowego zapełniania mikroporów. Do tej teorii autorzy podają następujące równanie izotermy adsorpcji [15, 26]:

$$a = \frac{W_0}{V^x} \left[-\exp BT^2 \left(\lg \frac{P}{P_0} \right)^2 \right];$$

gdzie:

- a — ilość sorbatu,
- B, W_0 — stałe równania,
- V^x — objętość molowa sorbatu.

Stale W_0 i B powyższego równania zalicza się do podstawowych parametrów określających mikrostrukturę badanego ciała porowatego [15]. Stałe te wyznaczyć można poprzez zlogarytmowanie obu członów równania i wykreślenie izotermy w nowym układzie współrzędnych: $\lg(a)$ oraz $\lg\left(\frac{P_0}{P}\right)^2$. Uzyskuje się wówczas linię prostą, która na osi rzędnych $\lg(a)$ odcina wartość wyrażenia $\lg \frac{W_0}{V^x}$. Pozwala to na wyliczenie poszukiwanej stałej W_0 .

Do określenia porowatości ciał stałych za pomocą badań sorpcyjnych znalazły zastosowanie metody [24]: grawimetryczne, objętościowe, próżniowych mikrobiuretek sorpcyjnych, chromatograficzne i adsorpcji z roztworów.

Każdą z wymienionych metod cechuje specyficzne rozwiązanie konstrukcyjne aparatury, a także różna dokładność pomiarów.

W metodach grawimetrycznych ilość zaadsorbowanych par lub gazów określa się z różnicy masy adsorbenta w kolejnych stadiach procesu adsorpcji [1, 33].

Klasycznym przykładem tej metody jest tzw. waga sorpcyjna Mc Baina i Bacera [1].

W Polsce na uwagę zasługuje urządzenie sorpcyjne o nazwie DHL, którego działanie oparte jest na metodzie wagowej, a przeznaczone do pomiarów mikrostruktury ziarnistych ciał porowatych metodą dynamiczną. Jako sorbaty używa się benzen oraz metanol [10, 11].

W objętościowych metodach oznaczania izoterm adsorpcji azotu warto wspomnieć o półautomatycznym aparacie „SORPTOMATICK” produkowanym przez firmę Carlo Erba. Za jego pomocą można przeprowadzać pomiary powierzchni próbek w zakresie od 1 do 1000 m²·g⁻¹.

Do jednych z nowszych metod badań struktur kapilarnych zaliczyć należy porometrię rtęciową. Zasada tej metody polega na określeniu objętości rtęci wtłoczonej pod określonym ciśnieniem do próbki pozbawionej powietrza [4, 18, 29 - 31, 37]. W miarę podwyższania ciśnienia rtęć zapełnia pory o coraz mniejszych promieniach. Zależności pomiędzy promieniem kapilar r zapełnianych przez rtęć przy ciśnieniu roboczym P ujmuje równanie Younga-Laplace'a [40]:

$$P = \frac{2}{r} \gamma \cos \varphi ;$$

gdzie:

- γ — napięcie powierzchniowe rtęci,
- φ — kąt zwilżania rtęcią powierzchni kapilary,
- r — efektywny promień porów,
- P — ciśnienie robocze.

Zakładając cylindryczny kształt porów oraz wartość napięcia powierzchniowego rtęci $\gamma = 480 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-1}$ i kąt zwilżania ścianek porów $\varphi = 140^\circ$, równanie przybiera postać:

$$r = \frac{75\,000}{P} ;$$

w którym: r wyraża się w Å, a ciśnienie P w KG/cm².

Określenie struktury badanych próbek metodą wtłaczania rtęci przeprowadza się za pomocą różnych porozymetrów. Są one produkowane m.in. przez firmy Carlo Erba (Włochy) i Aminco (USA). Najbardziej znane i powszechnie stosowane w Polsce są porozymetry produkcji włoskiej, pozwalające na dokonanie pomiarów promieni porów od 75 000 do 20 Å.

W Instytucie Chemicznej Technologii Drewna Akademii Rolniczej w Poznaniu prowadzi się od szeregu lat badania związane z preparatyką i testowaniem sorbentów czarnych, uzyskanych z drewna [5, 6 - 9, 27].

Tabela 1

Podstawowe elementy struktury kapilarnej mas chłonnych uzyskanych w procesie zwęglania i aktywacji niektórych odpadów przemysłu drzewnego

Rodzaj parametru	Kora sosnowa		Kora bukowa		Lignina z drewna sosnowego	
	karbonizat	węgiel aktywny	karbonizat	węgiel aktywny	karbonizat	węgiel aktywny
Łączna objętość porów przejściowych i mikroporów $V_i = V_p + V_{mik}$ ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	0,1019	0,5354	0,1213	0,3674	0,0830	0,353
Objętość porów przejściowych V_p ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	0,0549	0,2665	0,0820	0,1534	0,0332	0,215
Objętość mikroporów W_{mik} ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	0,0470	0,2689	0,0393	0,2140	0,0498	0,137
V_{mik}/V_p	0,856	1,0090	0,479	1,408	1,50	0,638
$V_{mik} 100/V_p + V_{mik}$ (%)	46,24	50,2300	32,40	57,24	50,0	38,95
Powierzchnia porów przejściowych S_p ($m^2 \cdot g^{-1}$)	28,6	61,6	26,57	97,9	16,2	66,4
Średni promień porów przejściowych r_p (Å)	38,46	32,97	61,72	31,34	40,99	25,9
Stała W_0 równania Dubinina-Raduszkiewicza ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	0,2866	0,3528	0,071	0,2632	0,3841	0,2147
Stała B równania Dubinina-Raduszkiewicza (—)	$4,596 \cdot 10^{-6}$	$1,86 \cdot 10^{-6}$	$5,372 \cdot 10^{-7}$	$1,78 \cdot 10^{-6}$	$6,358 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-6}$
Gęstość rzeczywista d_{rz} ($g \cdot cm^{-3}$)	1,506	2,1293	1,506	1,8377	1,400	1,989
Gęstość pozorną d_{poz} ($g \cdot cm^{-3}$)	0,689	0,7820	0,896	0,7820	0,897	1,101
Ogólna objętość porów dostępnych dla helu $V_o = (d_{poz})^{-1} - (d_{rz})^{-1}$ ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	0,769	0,8092	0,452	0,7346	0,397	0,405
Porowatość $= (d_{rz} - d_{poz}) \cdot (d_{rz})^{-1}$ ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	0,537	0,6327	0,405	0,5745	0,359	0,446
Objętość mikroporów $V_m = V_o \text{ sorb.} - (V_p + V_{mik})$ ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	0,0638	0,0066	0,0025	0,0093	0,0562	0,0071
$(V_m/V_o) \text{ sorb.}$	0,385	0,012	0,020	0,025	0,4037	0,0197
$(V_p/V_o) \text{ sorb.}$	0,331	0,492	0,662	0,407	0,238	0,598
$(V_{mik}/V_o) \text{ sorb.}$	0,284	0,496	0,3117	0,568	0,358	0,382
Powierzchnia właściwa $S_o \text{ sorb. BET}$	68	640	31	491	48	416

W pracy tej prezentujemy część wyników badań struktury kapilarnej mas chłonnych, uzyskanych w procesie zwęglania i aktywacji niektórych odpadów przemysłu drzewnego.

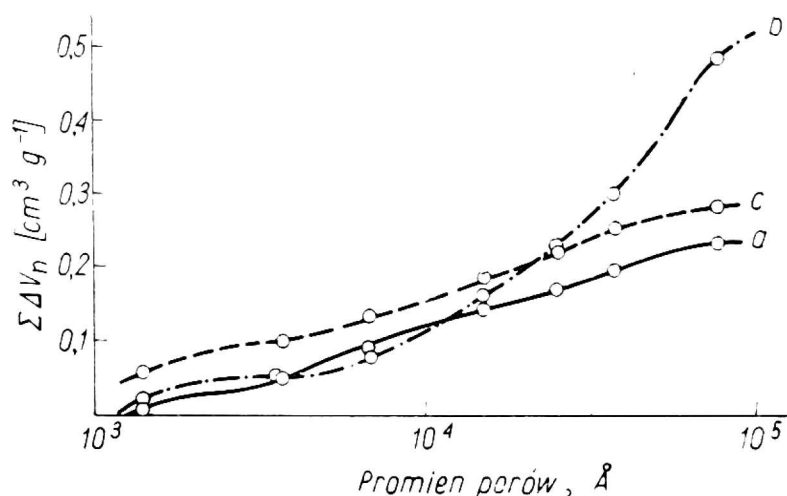
W celu uzyskania powyższych mas chłonnych skarbonizowano w warunkach laboratoryjnych przy końcowych temperaturach procesu $450^\circ C$ korę sosnową i bukową, a także ligninę z siarczanowego roztwarzania drewna sosnowego [7, 8]. Karbonizaty te w drugim etapie aktywowano

metodą fizykochemiczną w warunkach stacjonarnych, używając pary wodnej jako czynnika aktywującego.

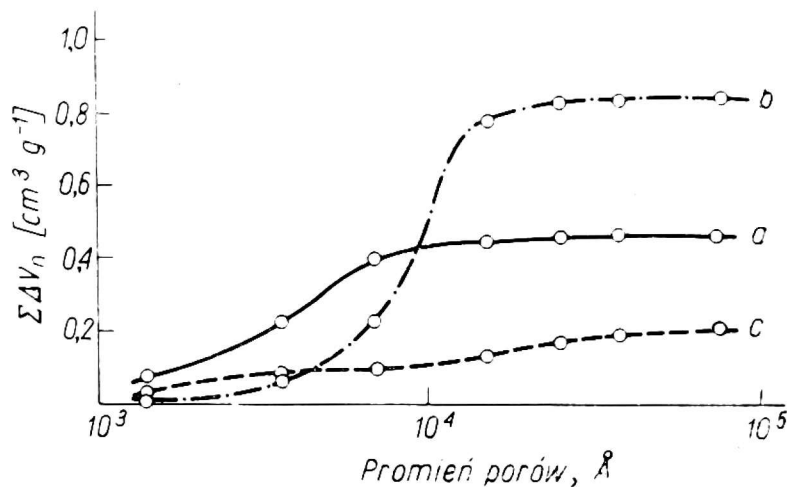
Strukturę kapilarną karbonizatorów i uzyskanych z nich węgli aktywnych (w odniesieniu do porów o promieniach poniżej 1000 Å) określono za pomocą wyżej opisanych metod sorpcyjnych, a uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Pomiary sorpcyjne wykonano metodą dynamiczną w sorptomatach typ DHL [10, 11, 20], a wyznaczone za ich pomocą izotermy adsorpcji par benzenu stanowiły podstawę do określenia pozostałych elementów struktury kapilarnej. Elementy te wyznaczono opierając się na elektronicznej technice obliczeniowej i wcześniej opracowanym algorytmie [19].

Natomiast strukturę porów o promieniach powyżej 1000 Å scharakteryzowano opierając się na metodzie porozymetrii rtęciowo-ciśnieniowej, korzystając z porozymetru Carlo Erba model AG-65. Wyniki tych badań przedstawiono na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Krzywe sumaryczne rozdziału objętości porów karbonizatorów: a — kora bukowa, b — sosnowa, c — lignina z drewna sosnowego — w funkcji promienia



Rys. 2. Krzywe sumaryczne rozdziału objętości porów w węglach aktywnych z: a — kora bukowa, b — sosnowa, c — lignina z drewna sosnowego

Z danych zamieszczonych w tabeli i na rysunkach wynika, że najkorzystniejszymi wartościami parametrów strukturalnych charakteryzują się masy chłonne uzyskane z kory sosnowej. Spośród eksponowanych elementów struktury na szczególną uwagę zasługują: powierzchnie właściwe $S_{O_{BET}}$, objętości porów przejściowych V_p i ich średni promień porów r_p , a także objętości mikroporów V_{mik} .

Należy podkreślić, że opisane metody sorpcyjne i penetrometryczne mogą być wykorzystane nie tylko do testowania węgla drzewnych, lecz także do badań drewna litego, zmodyfikowanego oraz innych produktów włóknistych, jak np. włókien naturalnych i sztucznych.

LITERATURA

1. Mc Bain J. W., Bacer A. M.: J. Am. Chem. Soc. 48, 690, 1926.
2. Balcerzyk S.: Polimery 4, 175, 1973.
3. Brunauer S., Emmett P. H., Teller N. J.: J. Am. Chem. Soc. 60, 309, 1938.
4. Chlubek Z., Radzimski J.: Prz. papiern. 29, 8, 269, 1973.
5. Czechowski Z.: PTPN. Pr. Komis. Technol. Drewna 2, 6, 3 1969.
6. Czechowski Z., Kiełczewski M., Mamys M.: Roczn. WSR Pozn., 42, 57, 1973.
7. Czechowski Z., Kiełczewski M., Babel K.: Prz. papiern. 30, 2, 376, 1974.
8. Czechowski Z., Kiełczewski M., Babel K.: Prz. papiern. (w druku).
9. Dębowski Z., Czechowski Z.: Pr. GIG w Katowicach. Seria dodatkowa. Katowice 1974.
10. Dębowski Z., Hołowiecki K.: Koks-Smoła-Gaz 18, 3, 23, 1973.
11. Dębowski Z., Hołowiecki K.: Koks-Smoła-Gaz 11, 333, 1970.
12. Dubinin M. M.: Ž. Fiz. Chemii 30, 7, 1952, 1956.
13. Dubinin M. M. i wsp.: Ž. Fiz. Chimii 31, 5, 1126, 1957.
14. Dubinin M. M., Żukowskaya T. A.: Ž. Fiz. Chimii 30, 8, 1840, 1956.
15. Dubinin M. M.: Metody wycislenia statisticzeskogo rozpredielenia objema i powierzchni por sorbentow na osnovanii sorpcyjnych izmiereni. Metody issledowanija struktury wysokodysperstnyh i poristych tiel. Izd. AN SSSR, Moskwa 1958.
16. Flower R. H.: Proc. Cambridge Phil. Soc. 31, 260, 1935.
17. Greeg S. J., Sing L. S. W.: Adsorption Surface Area and Porosity. Academic Press, London 1967.
18. Herman D. F., Dunlop I. R.: Tappi 48, 7, 418, 1965.
19. Kiełczewski M., Wagner W.: Roczn. AR Pozn. (w druku).
20. Kisielew A. W., Jaszin J. I.: Adsorpcyjna chromatografia gazowa. PWN, Warszawa 1969.
21. Mc Knight T. S., Marchessault R.H., Mason S.G.: Pulp Paper. Mag. Can. 59, 2, 81, 1958.
22. Korta A.: Zesz. nauk. AGH w Krakowie. Górnictwo 13, 189, 1967.
28. Ritter HC, Drake L. O.: Ind. Eng. Chem. Anal. Fd. 17, 312, 762, 1945.
24. Kuczyński W.: PTPN. Pr. Komis. Mat.-Przyr. 10, 3, 3, 1963.
25. Parfitt G. D., Urwin D., Wiseman T. J.: Colloid Interf. Sci. 36, 217, 1971.
26. Płaczenow T. G.: Ž. Prikl. Chim. 28, 3, 245, 1955.
27. Prosiński St., Czechowski Z., Kiełczewski M.: Roczn. WSR Pozn. 52, 99 1971.
28. Ritter HC, Drake L.O.: Ind. Eng. Chem. Anal. Fd. 17, 312, 762, 1945.
29. Spitzer Z.: Sbornik Praci UVP, 18, 39, 1968.
30. Spitzer Z., Kurka Z.: Sbornik Praci UVP 18, 123, 1968.

31. Stone J. F., Scallon A. M., Aberson G. M. A.: Pulp Paper Mag. Can. 67, 5, 263, 1966.
32. Siemieniowska T.: Koks-Smoła-Gaz 13, 2, 33, 1968.
33. Siemieniowska T.: Koks-Smoła-Gaz 13, 3, 57, 1968.
34. Siemieniowska T.: Koks-Smoła-Gaz 13,7, 8189, 1968.
35. Siemieniowska Z., Czechowski Z.: Koks-Smoła-Gaz 12, 10, 262, 1967.
36. Siemieniowska Z., Czechowski Z.: Koks-Smoła-Gaz 12, 332, 1967.
37. Washburn E. W.: Proc. Matl. Acad. Sci. (USA) 7, 115, 1931.
38. White R. E., Marceau W. H.: Tappi 45, 4, 278, 1962.
39. Volmer M.: Z. Phys. Chem. 115, 253, 1929.
40. Young D. M., Crowell A. D.: Physical Adsorption of Gases. Butterworth Co. 1962.

З. Чеховски, М. Келчевски

ПРИМЕНЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ И ПЕНЕТРОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СТРУКТУРЫ ДРЕВЕСИНЫ
И ПРОДУКТОВ ЕЕ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ,
В ЧАСТНОСТИ ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ

Резюме

Исложены теоретические основы процесса адсорбции, а также использование этого явления при определении текстуры пористых тел. Представлены сорбционные методы, а также методы ртутной порометрии, применяемые при исследовании распределения и размеров пор. Приведена методика и результаты исследований параметров капиллярной структуры черных сорбентов, полученных на основе древесного угля.

Z. Czechowski, M. Kielczewski

APPLICATION OF SORPTION AND PENETROMETRIC METHODS
FOR THE DETERMINATION OF WOOD
AND PRODUCTS OF ITS CHEMICAL CONVERSION STRUCTURE
WITH SPECIAL REFERENCE TO CHARCOAL

Summary

Theoretical principles of adsorption process and its application in the porous substances texture determination are discussed. Sorption methods as well as methods of mercury porometry for the determination of pores size distribution are discussed. The results of investigations of charcoal-based black sorbents capillary structure parameters are discussed.