

Dynamika adsorpcie v kontinuítých kolónach z hľadiska teórie Brunauerovej, Emmettovej, Tellerovej

Š. KACHAŇÁK, J. VALTÝNI, V. EWERLINGOVÁ

Katedra anorganickej technológie Slovenskej vysokej školy technickej, Bratislava

V predchádzajúcej práci [1] sa uviedli chemickoinžinierske výpočty kontinuítých adsorpčných kolón pracujúcich s aktívnym uhlím prvého štruktúrneho typu. Pri vyjadrení priebehu adsorpcie v kontinuítých kolónach pre adsorbenty, ktorých adsorpčné rovnováhy vyjadruje teória Brunauerova, Emmettova, Tellerova (B.E.T.) [2], bude sa vychádzať zo všeobecných rovníc pracovnej výšky vrstvy a z materiálovej bilancie procesu kontinuítých adsorpčných kolón [3, 4].

Teoretická časť

Vychádzajúc z rovnice adsorpčnej izotermy B. E. T. [2], rovnovážnu krivku pre celý rozsah pracovnej výšky vrstvy vyjadruje rovnica

$$x = \frac{c \cdot a_m \cdot p_r}{(1 - p_r) [1 + (c - 1) \cdot p_r]}, \quad (1)$$

kde x = rovnovážne nasýtenie zodpovedajúce rovnovážnemu relatívnemu tlaku pár adsorbátu p_r v rôznych výškach pracovnej vrstvy,

c, a_m = konštanty z rovnice adsorpčnej izotermy B. E. T.,

p_r = p_x/p_s ,

p_x = rovnovážny tlak adsorbátu zodpovedajúci hodnote x ,

p_s = tlak nasýtených pár adsorbátu pri pracovnej teplote.

Pre zjednodušenie výpočtov sa rovnica (1) upraví na tvar, ktorý sa používa na grafické stanovenie konštant c, a_m :

$$\frac{p_r}{x \cdot (1 - p_r)} = b + K p_r. \quad (2)$$

V tejto rovnici je:

$$b = \frac{1}{c \cdot a_m}; \quad K = \frac{c - 1}{c \cdot a_m}. \quad (3)$$

Pretože $p_r = p_x/p_s$, po úprave rovnice (2) vychádza:

$$K \cdot x \cdot p_x^2 - (K \cdot p_s \cdot x - b \cdot p_s \cdot x - p_s) \cdot p_x - b \cdot p_s^2 \cdot x = 0. \quad (4)$$

Pretože rovnovážna koncentrácia sa vyjadruje v tlakoch pár adsorbátu p_x , upraví sa preň i všeobecná rovnica pracovnej výšky vrstvy [1]:

$$\frac{\beta}{w} \cdot L_0 = \int_{p'}^{p_0} \frac{dp}{p - p_x}, \quad (5)$$

kde p = tlak pár adsorbátu v rôznych výškach pracovnej vrstvy L_0 pri nasýtení na hodnotu x ,

p_0 = tlak pár adsorbátu v plynnej zmesi vstupujúcej do adsorbéra,

β = rýchlostná konštanta,

w = fiktívna lineárna rýchlosť plynnej zmesi v adsorbéri.

Ako sa už dokázalo [3], ak pri recirkulácii vstupuje do kolóny adsorbent úplne desorbovaný a ak stupeň vyčistenia plynnej zmesi je vysoký, rovnicu pracovnej priamky vyjadruje výraz

$$x = a \cdot q \cdot Q, \quad (6)$$

kde a = rovnovážne nasýtenie adsorbenta zodpovedajúce pôvodnému tlaku pár adsorbátu v plynnej zmesi,

q = stupeň nasýtenia adsorbenta na dne vrstvy,

Q = stupeň koncentrácie, ktorý je vyjadrený pomerom p/p_0 .

Po dosadení za x z rovnice (6) do rovnice (4) a po úprave vychádza:

$$p_{x \ 1,2} = \frac{P_s}{2K} \left[K - b - \frac{1}{a \cdot q \cdot Q} \pm \sqrt{(K + b)^2 - \frac{2(K - b)}{a \cdot q \cdot Q} + \frac{1}{a^2 \cdot q^2 \cdot Q^2}} \right] \quad (7)$$

Analytickým rozborom rovnice (7) pre celý možný rozsah veličín v nej vystupujúcich sa zistilo, že správna hodnota rovnovážneho tlaku p_x prislúcha kladnej hodnote odmocniny diskriminanta.

Výraz z rovnice (7) sa dosadí za p_x do rovnice (5), pričom namiesto premennej p sa zavedie ako bezrozmerná premenná stupeň koncentrácie Q :

$$\frac{\beta}{w} \cdot L_0 = \int_Q^1 \frac{dQ}{Q - \frac{1}{2K \cdot p_{r=0}} \left[K - b - \frac{1}{a \cdot q \cdot Q} + \sqrt{(K + b)^2 - \frac{2(K - b)}{a \cdot q \cdot Q} + \frac{1}{a^2 \cdot q^2 \cdot Q^2}} \right]} \quad (8)$$

Veličina $p_{r=0}$ vyjadruje relatívny tlak pár adsorbátu v pôvodnej zmesi.

Analytické riešenie rovnice (8) nie je možné. Preto je potrebné pre dané pracovné podmienky vyjadriť teoretické krivky pracovnej výšky vrstvy grafickou integráciou. I keď so zreteľom na rozmery veličín a , b , K je rovnica (8) celá bezrozmerná, vystupuje v nej rovnovážne nasýtenie adsorbenta a , ktoré možno z rovnice adsorpčnej izotermy vyjadriť veličinami b , K , $p_{r=0}$, ktoré už v rovnici (8) vystupujú. Tým sa bezrozmerný výraz pracovnej výšky

vrstvy vyjadri konštantami b , K , ktoré sa stanovia z rovníc adsorpčných rovnováh, a veličinami q , Q , p_{r-0} , určenými prevádzkovými podmienkami.

Rovnovážne nasýtenie adsorbenta vyjadruje rovnica

$$a = \frac{p_{r-0}}{(1 - p_{r-0})(b + K p_{r-0})} \quad (9)$$

Po dosadení za a do rovnice (8) vychádza:

$$\frac{\beta}{w} L_0 = \int_Q^1 \frac{dQ}{Q - \frac{1}{2K p_{r-0}} \left[K - b - H + \sqrt{(K + b)^2 - 2(K - b)H} \right] H^2} \quad (10)$$

$$H = \frac{(1 - p_{r-0})(b + K p_{r-0})}{q Q p_{r-0}}$$

V rovniciach (8, 10) možno konštanty b , K , ktoré sú len extrapolovanými hodnotami pri grafickom riešení adsorpčnej izotermy, nahradiť konštantami a_m , c , ktoré sú veličiny fyzikálne zdôvodnené. Po dosadení za b , K z rovnice (3) do rovnice (8) a po úprave vychádza:

$$\frac{\beta}{w} L_0 = \int_Q^1 \frac{dQ}{Q - \frac{1}{2(c-1)p_{r-0}} \left[c - 2 - M + \sqrt{c^2 - 2(c-2)M + M^2} \right]} \quad (11)$$

$$M = \frac{c \cdot a_m}{a q Q}$$

Do tejto rovnice sa za a dosadí výraz z rovnice adsorpčnej izotermy B. E. T.:

$$\frac{\beta}{w} L_0 = \int_Q^1 \frac{dQ}{Q - \frac{1}{2(c-1)p_{r-0}} \left[c - 2 - N + \sqrt{c^2 - 2(c-2)N + N^2} \right]} \quad (12)$$

$$N = \frac{(1 - p_{r-0}) \left[1 - \frac{(c-1)p_{r-0}}{q Q p_{r-0}} \right]}{q Q p_{r-0}}$$

Z rovníc (11, 12) vyplýva, že $M = N$, pričom tieto výrazy sú však vyjadrené inými veličinami. V rovnici (12) vystupujú konštanty a_m , c , ktorými je pre dané pracovné podmienky, ktoré udávajú veličiny q , Q , p_{r-0} , bezrozmerný výraz pracovnej výšky vrstvy jednoznačne určený.

I keď rovnica (12) je najzložitejšia, vystupujú v nej najviac zaužívané a pre proces najcharakteristickejšie veličiny. Preto je výslednou rovnicou pracovnej výšky vrstvy pre oblasť platnosti adsorpčnej izotermy B.E.T. Na výpočet sa však môže použiť každá z rovníc (8, 10, 11, 12), podľa toho, ktorými veličinami je proces vyjadrený. Pretože rovnice (8, 11) sú jednoduchšie a rovnovážna hodnota a je vždy udaná, je vhodné pre zjednodušenie použiť

na výpočet tieto rovnice. Pre štúdium vplyvu jednotlivých veličín na hodnotu pracovnej výšky vrstvy je však vhodnejšie použiť rovnice (10, 12), ktoré sú všeobecnejšie.

Vplyv hodnôt relatívneho tlaku pár adsorbátu v pôvodnej zmesi, vystupujúcich v rovniciach (10, 12), na hodnotu pracovnej výšky vrstvy je opäť rozdielny podobne ako v rovnici pre prvý štruktúrny typ aktívneho uhlia. Je to spôsobené opäť rozdielnym pôsobením kinetických a dynamických faktorov pri zmene koncentrácie. Analýzou rovnice (12) za použitia grafických metód sa dospelo k záveru, že pri zmene koncentrácie najväčšia zmena teoretickej krivky pracovnej výšky vrstvy súvisí s veličinou p_{r-0} vystupujúcou vo výraze $[2(c-1)p_{r-0}]^{-1}$ v menovateli tejto rovnice. Tým istým postupom možno stanoviť vplyv ďalších faktorov na pracovnú výšku vrstvy [1].

Na dôkaz platnosti uvádzaných rovníc, ako aj rovníc materiálovej bilancie procesu je potrebné stanoviť rýchlostnú konštantu, ktorá sa opäť vypočíta z experimentálne stanovených hodnôt pomocou kritéria dynamiky adsorpcie. Vychádzajúc z materiálovej bilancie procesu, odvodila sa postupom už uvedeným [1] rovnica na výpočet kritéria dynamiky adsorpcie pre oblasť platnosti adsorpčnej izotermy B. E. T.:

$$\frac{\beta}{A} t = \int_0^1 \left[\int_Q^1 \frac{dQ}{Q - \frac{1}{2(c-1)p_{r-0}} \left[c - 2 - N + \sqrt{c^2 - 2(c-2)N + N^2} \right]} \right] dQ. \quad (13)$$

Experimentálna časť a výsledky

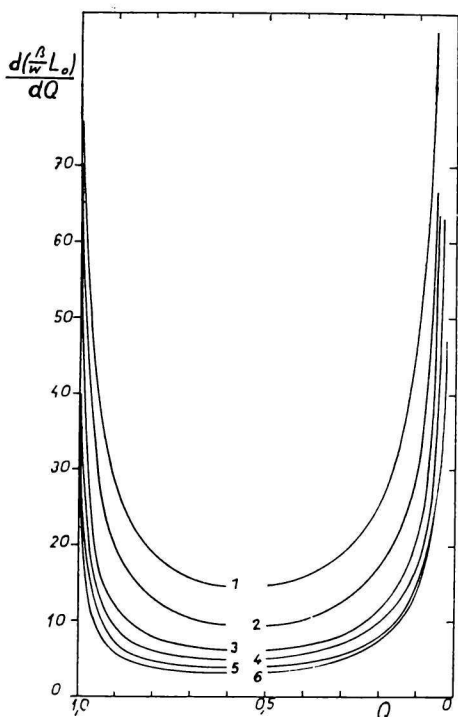
Dôkaz platnosti teórie dynamiky adsorpcie kontinuítých kolón pre oblasť platnosti izotermy B. E. T. sa urobil na tom istom experimentálnom materiáli ako jej dôkaz pre prvý štruktúrny typ aktívneho uhlia [1]. Vyjadria sa preto — okrem spôsobu vyjadrenia teoretických kriviek — len výsledky a z nich vyplývajúce závery.

Adsorpčné rovnováhy sírouhlika na aktívnom uhlí Supersorbon sa vyjadřili rovnicou adsorpčnej izotermy B. E. T. [5]. Rovnica adsorpčnej izotermy pri 22 °C je:

$$a = \frac{377,6 p_{r-0}}{(1 - p_{r-0})(1 + 58,9 p_{r-0})} \quad (14)$$

Hodnoty konštant sú: $a_m = 6,3$ mM/g; $c = 59,9$. Rovnovážna hodnota a je vyjadrená v mM/g.

Nad rovnovážnym tlakom $p_0 > 7,2$, čo pri 22 °C zodpovedá koncentrácii $C_0 > 29,8$ g/m³, táto rovnica veľmi dobre vyjadřuje adsorpčné rovnováhy sírouhlika na aktívnom uhlí Supersorbon [5]. Pretože pri nižších tlakoch dochádza k odklonu od experimentálne stanovených hodnôt, určí sa, či tieto rozdiely sa prejavajú len v zmene hodnoty rýchlostnej konštanty pri jej vyjadrení pomocou kritéria dynamiky adsorpcie [1]. Pretože adsorpčné



Obr. 1. Diferenciálne krivky teoretických kriviek pracovnej výšky vrstvy kontinuálnych adsorpčných kolón pre oblasť platnosti adsorpčnej izotermy B. E. T., vypočítané pre $a_m = 6,3 \text{ mM/g}$; $c = 59,9$ a pre nasledujúce hodnoty relatívneho tlaku pár adsorbátu p_{r-0} : $5,0 \cdot 10^{-3}$ (1); $8,5 \cdot 10^{-3}$ (2); $1,55 \cdot 10^{-2}$ (3); $2,25 \cdot 10^{-2}$ (4); $3,10 \cdot 10^{-2}$ (5); $4,35 \cdot 10^{-2}$ (6).

rovnováhy v celej koncentračnej oblasti veľmi dobre vyjadruje Freundlichova rovnica adsorpčnej izotermy [6], vyjadří sa opäť pomocou nej Henryho koeficient [1].

Pre koncentrácie 6,5; 11,0; 20,1; 29,4; 40,1 a 56,6 g/m³, pri ktorých sa pri rôznych lineárnych rýchlostiach vykonali pokusy [3], vypočítali sa zodpovedajúce teoretické krivky pracovnej výšky vrstvy. Výpočty sa urobili pomocou rovnice (12) po dosadení príslušných hodnôt a_m , c , p_{r-0} v celom rozsahu hodnôt stupňa koncentrácie Q pre $q = 0,99$. Na obr. 1 sú zakreslené diferenciálne krivky teoretických kriviek pracovnej výšky vrstvy, pri ktorých sa uvádza relatívny tlak p_{r-0} , zodpovedajúci pracovným koncentráciám. Tvar kriviek je typický pre priebeh adsorpčného procesu v kontinuitných kolónach. Rastom koncentrácie sa pri konštantnom Q hodnota $d(\beta w^{-1} \cdot L_0)/dQ$ znižuje, teda pracovná výška vrstvy sa skraca. Grafickou integráciou v hraniciach udaných rovnicou (12) sa vypočítali hodnoty $\beta w^{-1} \cdot L_0$ v celom rozsahu hodnôt Q až do hodnoty $Q = 0,02$. Pretože pri nízkych hodnotách p_{r-0} , Q nadobúda výraz $d(\beta w^{-1} \cdot L_0)/dQ$ vysokú hodnotu, grafická integrácia na tomto úseku sa urobila osobitným zakreslením diferenciálnej krivky v tejto oblasti.

Na obr. 2 sa uvádzajú opísaným postupom vypočítané teoretické krivky pracovnej výšky vrstvy. Takisto ako v prípade teoretických kriviek pre aktívne uhlie prvého štruktúrneho typu [1] rastom koncentrácie sa ich strmlosť zväčšuje a pri konštantnom Q hodnota $\beta w^{-1} \cdot L_0$ sa znižuje, čo je spôsobené zvýšením hnacej sily procesu.

Na dôkaz platnosti teoretických kriviek pracovnej výšky vrstvy v oblasti platnosti uvádzanej teórie adsorpčných rovnováh je potrebné predovšetkým stanoviť pomocou kritéria dynamiky adsorpcie K_v hodnoty rýchlostných konštánt [1]. Grafickou integráciou teoretických kriviek uvedených na obr. 2 podľa schémy udanej rovnicou (13) sa vyjadřila hodnota K_v/q . Hodnoty kritéria dynamiky adsorpcie pre $q = 0,99$ sa uvádzajú v tab. 1.

So zreteľom na iný priebeh teoretických kriviek sú i hodnoty kritéria dynamiky adsorpcie pre oblasť platnosti izotermy B. E. T. iné než pre prvý štruktúrny typ aktívneho uhlia. Pomocou hodnôt t , ktoré pri danom w vyjadřujú čas potrebný na nasýtenie diferenciálnej vrstvy adsorbenta na hodnotu q , vypočítali sa hodnoty rýchlostnej konštanty, ktoré sa uvádzajú v tab. 1.

Tabuľka 1

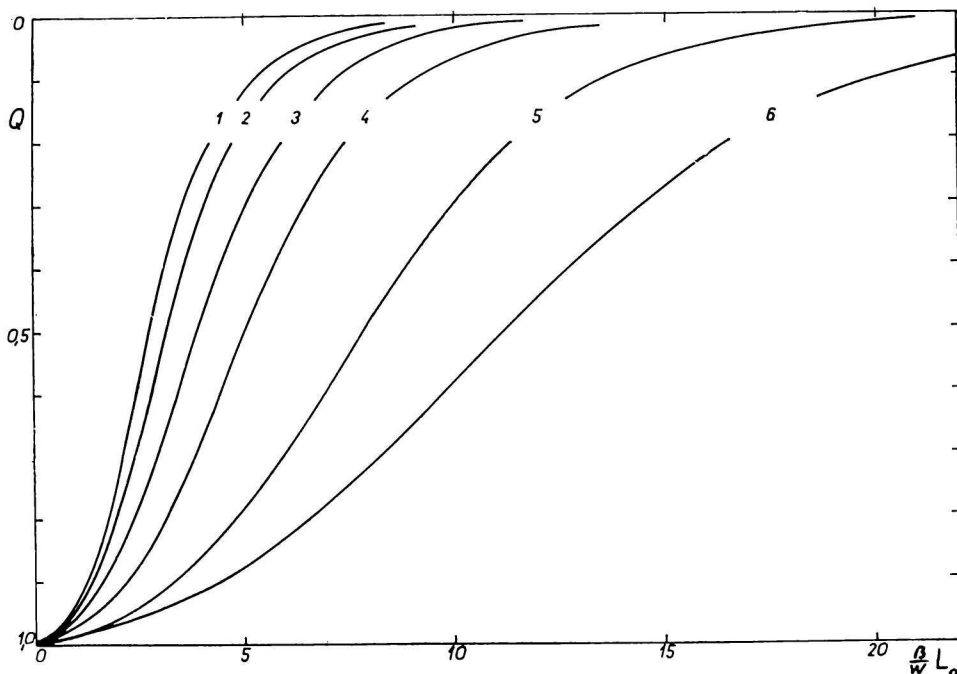
Hodnoty rýchlostných konštánt pre adsorpciu sírouhľíka na aktívnom uhlí Supersorbon, vypočítané pomocou kritéria dynamiky adsorpcie a adsorpčnej izotermy B. E. T.

C_0	p_{r-0}	K_v	β			
			$w = 15,5$	$w = 26,4$	$w = 36,0$	$w = 49,8$
6,5	$5,0 \cdot 10^{-3}$	11,75	65,0	74,7	80,2	86,8
11,0	$8,5 \cdot 10^{-3}$	8,26	42,4	48,2	52,8	61,2
20,1	$1,55 \cdot 10^{-2}$	5,42	25,2	28,9	31,6	38,5
29,4	$2,25 \cdot 10^{-2}$	4,24	18,6	20,4	23,8	27,6
40,1	$3,10 \cdot 10^{-2}$	3,50	14,2	17,0	18,8	—
56,6	$4,35 \cdot 10^{-2}$	3,06	11,8	14,2	15,6	—

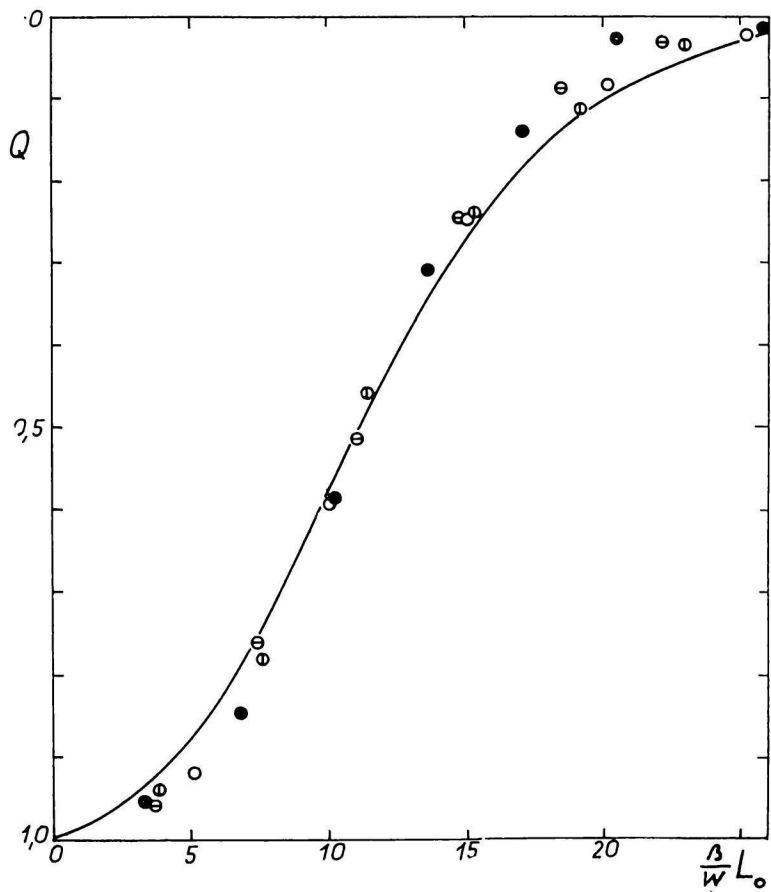
β rýchlostná konštanta v s^{-1} .

C_0 koncentrácia sírouhľíka v plynnej zmesi v g/m^3 ,

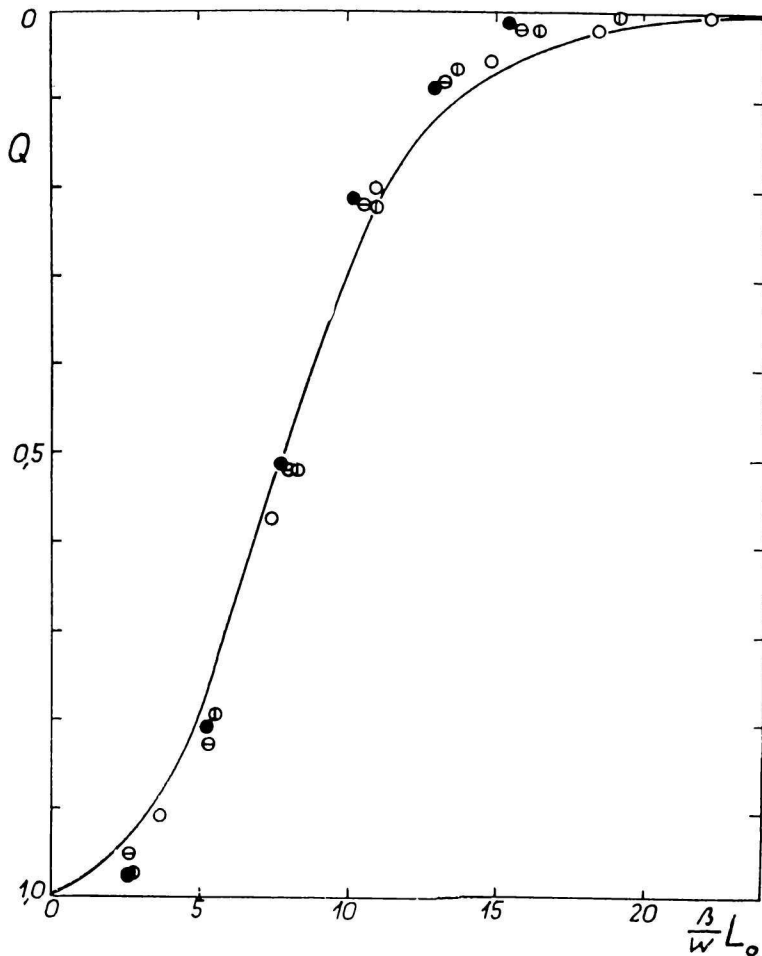
w fiktívna lineárna rýchlosť plynnej zmesi v kolóne.



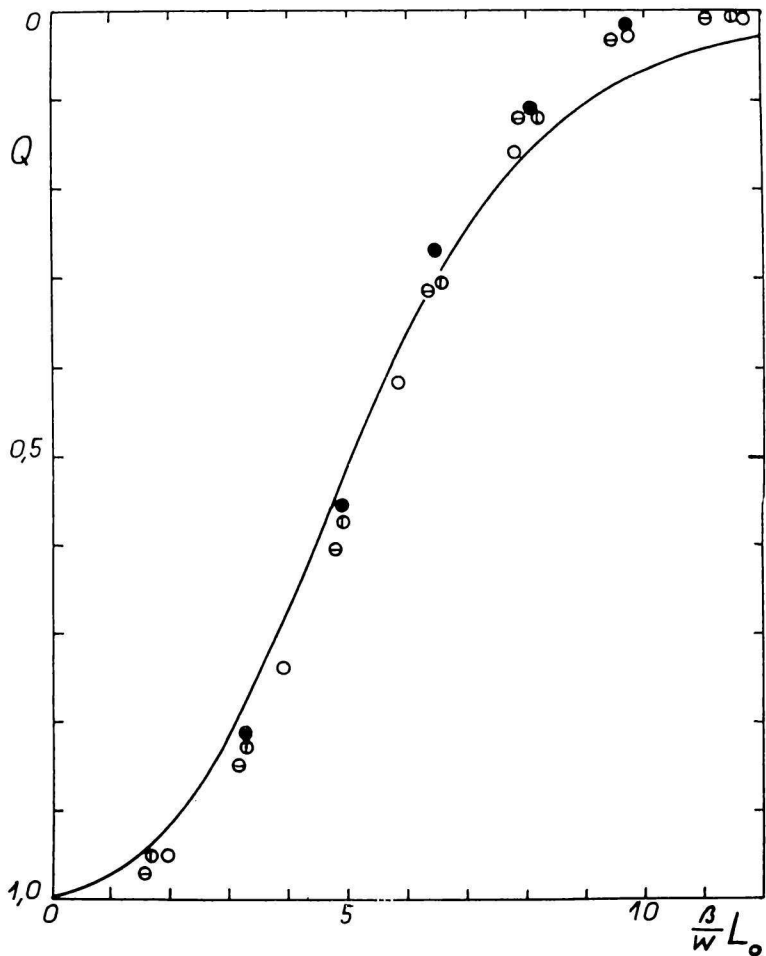
Obr. 2. Teoretické krivky pracovnej výšky vrstvy kontinuítých adsorpčných kolón pre oblasť platnosti adsorpčnej izotermy B. E. T., vypočítané pre $a_m = 6,3 \text{ mM/g}$; $c = 59,9$ a pre nasledujúce hodnoty relatívneho tlaku pár adsorbátu p_{r-0} : $4,35 \cdot 10^{-2}$ (1); $3,10 \cdot 10^{-2}$ (2); $2,25 \cdot 10^{-2}$ (3); $1,55 \cdot 10^{-2}$ (4); $8,5 \cdot 10^{-3}$ (5); $5,0 \cdot 10^{-3}$ (6).



Obr. 3. Teoretické krivky pracovnej výšky vrstvy pre adsorpciu sírouhľíka na aktívnom uhlí Supersorbon, vypočítané podľa rovnice (12) pre $C_0 = 6,5$. Bodmi sú vyznačené hodnoty stanovené experimentálne pri uvádzanej koncentrácii a pri rôznych lineárnych rýchlostiach.
 ○ $w = 15,5$; ○ $w = 26,4$; ⊖ $w = 36,0$; ● $w = 49,8$.

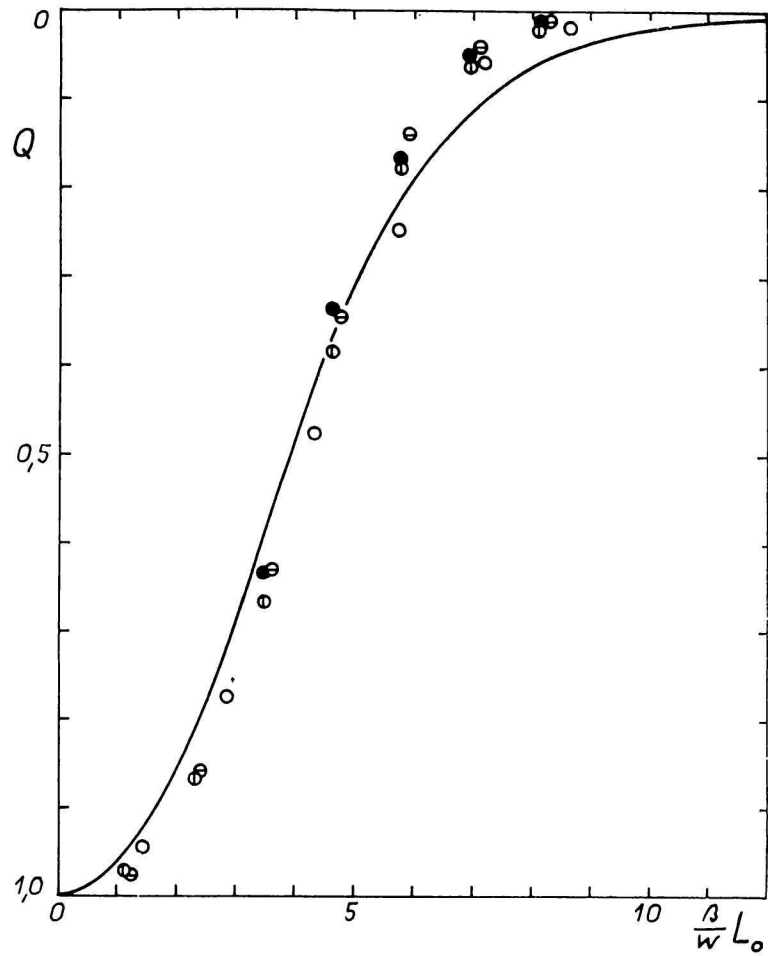


Obr. 4. Teoretické krivky pracovnej výšky vrstvy pre adsorpciu sírouhľíka na aktívnom uhlí Supersorbon, vypočítané podľa rovnice (12) pre $C_0 = 11,0$. Bodmi sú vyznačené hodnoty stanovené experimentálne pri uvádzanej koncentrácii a pri rôznych lineárnych rýchlostiach.
 ○ $w = 15,5$; ○ $w = 26,4$; ⊖ $w = 36,0$; ● $w = 49,8$.



Obr. 5. Teoretické krivky pracovnej výšky vrstvy pre adsorpciu sírouhlíka na aktívnom uhlí Supersorbon, vypočítané podľa rovnice (12) pre $C_0 = 20,1$. Bodmi sú vyznačené hodnoty stanovené experimentálne pri uvádzanej koncentrácii a pri rôznych lineárnych rýchlostiach.

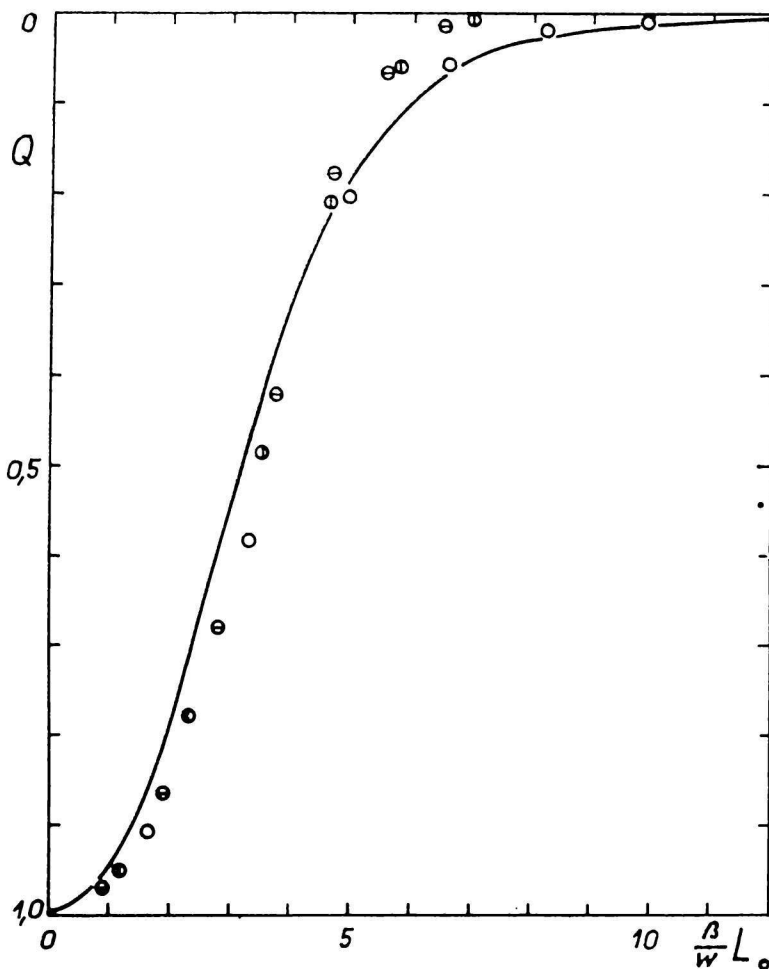
○ $w = 15,5$; ⊕ $w = 26,4$; ⊖ $w = 36,0$; ● $w = 49,8$.



Obr. 6. Teoretické krivky pracovnej výšky vrstvy pre adsorpciu sírouhlíka na aktívnom uhlí Supersorbon, vypočítané podľa rovnice (12) pre $C_0 = 29,4$. Bodmi sú vyznačené hodnoty stanovené experimentálne pri uvádzanej koncentrácii a pri rôznych lineárnych rýchlostiach.

○ $w = 15,5$; ⊕ $w = 26,4$; ⊖ $w = 36,0$; ● $w = 49,8$.

Z porovnania uvedených hodnôt rýchlostnej konštanty s jej hodnotami pre oblasť platnosti izotermy prvého štruktúrneho typu [1] a pre oblasť platnosti Freundlichovej rovnice adsorpčnej izotermy [7] vyplýva, že zatiaľ čo v oblasti vyšších koncentrácií dochádza k dobrej zhode, pri nízkych koncentráciách sú veľké rozdiely, i keď sa vyjadriť pre ten istý experimentálny materiál. Je to spôsobené tým, že kým v oblasti vyšších koncentrácií všetky tri rovnice adsorpčnej izotermy vyjadrujú správne adsorpčné rovnováhy sírouhlika, pri nízkych koncentráciách ich presne vyjadruje iba Freundlichova rovnica adsorpčnej izotermy. Rovnica pre prvý štruktúrny typ aktívneho uhlia a rovnica

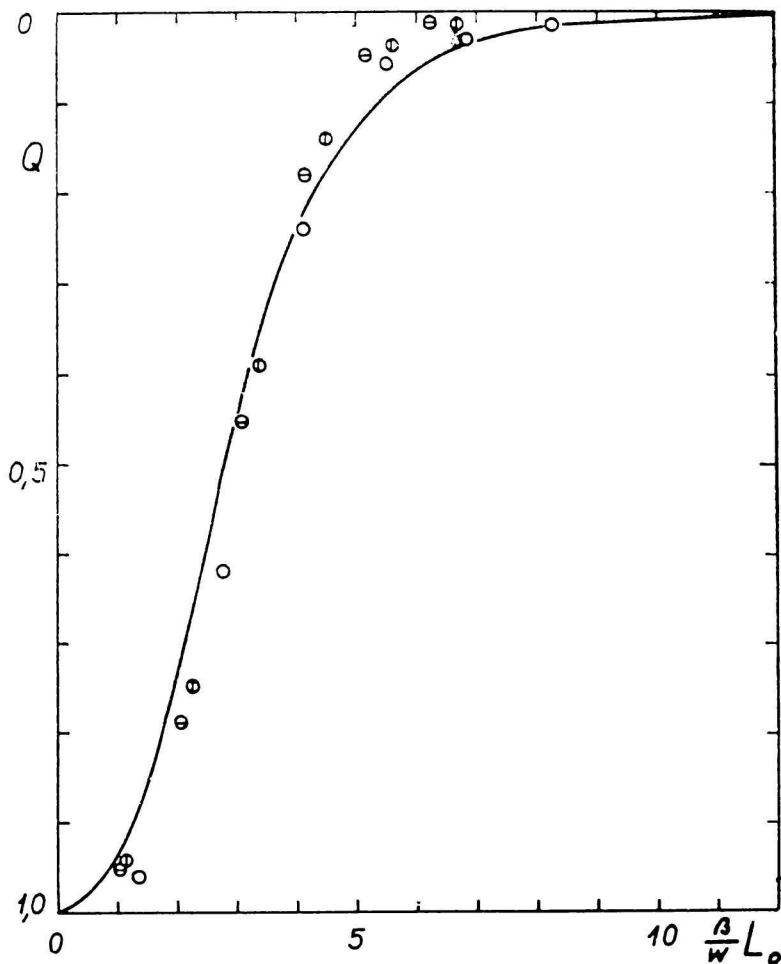


Obr. 7. Teoretické krivky pracovnej výšky vrstvy pre adsorpciu sírouhlika na aktívnom uhlí Supersorbon, vypočítané podľa rovnice (12) pre $C_0 = 40,1$. Bodmi sú vyznačené hodnoty stanovené experimentálne pri uvádzanej koncentrácii a pri rôznych lineárnych rýchlostiach.

○ $w = 15,5$; ○ $w = 26,4$; ⊖ $w = 36,0$.

B. E. T. vyjadrujú v tejto oblasti nižšie hodnoty rovnovážneho nasýtenia, než stanovuje pokus [1].

Pri dôkaze platnosti teoretických kriviek pracovnej výšky vrstvy pre študovanú oblasť adsorpčných rovnováh sa pomocou hodnôt L_0 , ktoré sa pre rôzne Q stanovili experimentálne [7], vypočítali hodnoty $\beta w^{-1} \cdot L_0$. Na obr. 3 až 8 sú pre každú lineárnu rýchlosť plynnej zmesi zakreslené rôzne označenými bodmi popri zodpovedajúcich teoretických krivkách. Výsledky sú veľmi dobré. V celej koncentračnej a rýchlostnej oblasti sa experimentálne stanovené hodnoty s dostatočnou presnosťou zhodujú so zodpovedajúcou



Obr. 8. Teoretické krivky pracovnej výšky vrstvy pre adsorpciu sírouhlika na aktívnom uhlí Supersorbon, vypočítané podľa rovnice (12) pre $C_0 = 56,6$. Bodmi sú vyznačené hodnoty stanovené experimentálne pri uvádzanej koncentrácii a pri rôznych lineárnych rýchlostiach.

○ $w = 15,5$; ⊙ $w = 26,4$; ⊖ $w = 36,0$.

teoretickou krivkou. Skutočnosť, že i v oblasti nízkych koncentrácií je dobrá zhoda, dokazuje, že rozdiely vo vyjadrení adsorpčných rovnováh rovnicou (14) oproti ich skutočnému priebehu v danej oblasti koncentrácií sa prejavajú len v zmene hodnoty rýchlostnej konštanty stanovenej pomocou kritéria dynamiky adsorpcie.

Symboly

a	rovnovážne nasýtenie adsorbenta
a_m, b, c	konštanty z rovnice adsorpčnej izotermy B. E. T.
C_0	pôvodná koncentrácia adsorbátu v nosnom plyne v g/m^3
K	konštantá z rovnice adsorpčnej izotermy B. E. T.
L_0	pracovná výška vrstvy v cm
p	tlak pár adsorbátu v nosnom plyne v rôznych výškach pracovnej vrstvy
p_0	pôvodný tlak adsorbátu v nosnom plyne
p_r	relatívny tlak pár adsorbátu v nosnom plyne v rôznych výškach pracovnej vrstvy
p_{r-0}	pôvodný relatívny tlak pár adsorbátu v nosnom plyne
p_s	tlak nasýtených pár adsorbátu pri pracovnej teplote
p_x	rovnovážny tlak adsorbátu v rôznych výškach pracovnej vrstvy, zodpovedajúci nasýteniu na hodnotu x
q	stupeň nasýtenia adsorbenta na dne kolóny
Q	stupeň koncentrácie v rôznych výškach pracovnej vrstvy
t	čas potrebný na nasýtenie adsorbenta v diferenciálnej vrstve na dne kolóny na hodnotu q
w	fiktívna lineárna rýchlosť plynnej zmesi v kolóne v cm/s
x	rovnovážne nasýtenie zodpovedajúce rovnovážnemu relatívnemu tlaku pár adsorbátu p_r v rôznych výškach pracovnej vrstvy
β	rýchlostná konštantá v s^{-1}

Súhrn

Vyjadrila sa dynamika adsorpcie v kontinuítých kolónach pracujúcich s adsorbentmi, ktorých adsorpčné rovnováhy vyjadruje teória Brunauerova, Emmettova, Tellerova. Grafickou integráciou odvodených rovníc sa vypočítali teoretické krivky pracovnej výšky vrstvy, ktoré sú podkladom pre vyjadrenie pracovných podmienok prevádzky i materiálovej bilancie procesu. Platnosť odvodených rovníc sa dokázala na experimentálnom materiáli. Všetky veličiny, ktoré sa namerali v širokej koncentračnej a rýchlostnej oblasti, po prevedení na bezrozmerný tvar veľmi dobre spadajú do oblasti zodpovedajúcej teoretickej krivky.

ДИНАМИКА АДСОРБЦИИ В НЕПРЕРЫВНЫХ КОЛОНАХ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕОРИИ БРУНАУЭРА, ЭММЕТТА, ТЕЛЛЕРА

Ш. Каханяк, Я. Вальтини, В. Эверлингова

Кафедра неорганической технологии Словацкого политехнического института,
Братислава

Описывается динамика адсорбции в непрерывных колонах, работающих с адсорбентами, адсорбционное равновесие которых описывается теорией Брунауэра, Эмметта, Теллера. Графическим интегрированием выведенных уравнений рассчитались теоретические кривые рабочей высоты слоя, что является основой для выражения рабочих условий эксплуатации и материального баланса процесса. Экспериментом была доказана правильность выведенных уравнений. Все результаты, полученные в широком интервале концентраций и скоростей, после их перевода на безразмерные величины хорошо совпадают с соответствующей им теоретической кривой.

ADSORPTIONSDYNAMIK IN KONTINUIERLICHEN KOLONNEN VOM GESICHTSPUNKT DER THEORIE VON BRUNAUER, EMMETT UND TELLER

Š. Kachaňák, J. Valtýni, V. Ewerlingová

Lehrstuhl für anorganische Technologie an der Slowakischen Technischen Hochschule,
Bratislava

Es wird die Adsorptionsdynamik in kontinuierlichen Kolonnen dargestellt, die mit Adsorbenten arbeiten, deren Adsorptionsgleichgewichte durch die Theorie von Brunauer, Emmett und Teller erfasst werden. Durch graphische Integration der abgeleiteten Gleichungen wird die theoretische Kurve der Arbeitshöhe der Schicht berechnet, die die Grundlage für die Darlegung der Arbeitsbedingungen des Betriebs und der Materialbilanz des Prozesses bilden. Die Gültigkeit der abgeleiteten Gleichungen wurde an experimentellem Material nachgewiesen. Sämtliche Grössen, die in einem breiten Konzentrations- und Geschwindigkeitsgebiet gemessen wurden, fallen nach der Überführung in die dimensionslose Form gut in das Gebiet der ihnen entsprechenden theoretischen Kurve.

LITERATÚRA

1. Kachaňák Š., *Chem. zvesti* **16**, 417 (1962).
2. Brunauer S., Emmett P., Teller E., *J. Am. Chem. Soc.* **59**, 1553, 2682 (1937).
3. Kachaňák Š., *Chem. zvesti* **15**, 575 (1961).
4. Kachaňák Š., *Chem. zvesti* **15**, 590 (1961).
5. Kachaňák Š., *Chem. zvesti* **14**, 85 (1960).
6. Kachaňák Š., *Chem. zvesti* **13**, 791 (1959).
7. Kachaňák Š., *Habilitačná práca SVŠT*, Bratislava 1960.

Do redakcie došlo 15. 1. 1963

Adresa autorov:

Doc. inž. Štefan Kachaňák, C. Sc., inž. Ján Valtýni, inž. Viktória Ewerlingová,
Katedra anorganickej technológie SVŠT, Bratislava, Kollárovo nám. 2.