14. III. 1988

ČESKOSLOVENSKÁ SOCIALISTICKÁ REPUBLIKA
(19)

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY

POPIS OBJAVU K DIPLOMU

38

Prihlásené: 11 11 80 (PO 49-80)
Právo prednosti od 11 11 80
Zverejnené: Čs. časopis pro fyziku, A 34, 316-317 (1984)

Udelené: 19 03 87

Vydané: 14 08 87

MDT 536.212.3

Autori objavu: BIELEK JOZEF ing. CSc., DUNAJSKÁ LUŽNÁ
BARTA ŠTEFAN doc. ing. CSc., BRATISLAVA
VESELÍ KAREL prof. RNDr. DrSc., BRNO

Názov objavu: **Perkolácia fonónov**

Predmet objavu:

Jav spočívajúci v perkolácii fonónov prejavujúci sa odklonom efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti dvoj a viaczložkových elektricky nevodivých heterogénnych systémov od efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti daného zmiešavacím pravidlom v závislosti od objemového zlomku určitej zložky skúmaného systému v oblasti objemových zlomkov nad určitou kritickou hodnotou (prahom perkolácie) v dôsledku novej organizácie štruktúry, pri ktorej sa vzájomná korelácia rozšíri na celý materiál, pričom tento odklon uvažovaný pri štandardných podmienkach (štandardná teplota T_o = 298,15 K; štandardný tlak p_o = 0,101 325 MPa) je charakterizovaný matematickým vzťahom

$$\left|\lambda(n_i) - \lambda_z(n_i)\right| = \propto . \left| n_i - n_{i,k} \right|^{t_p} ,$$

kde

n_i - objemový zlomok i-tej (určitej) zložky heterogénneho systému
$n_{i,k}$ - kritická hodnota objemového zlomku i-tej zložky
$\propto$ - konštanta úmernosti
t_p - kritický exponent
$\lambda(n_i)$ - efektívny súčiniteľ tepelnej vodivosti heterogénneho systému pre $n_i > n_{i,k}$
$\lambda_z(n_i)$ - efektívny súčiniteľ tepelnej vodivosti tohto systému určený nasledným zmiešavacím pravidlom

$$\lambda_z(n_i) = \sum_{j=1}^{N} \lambda_j . n_j ,$$

v ktorom

λ_j - súčinitel tepelnej vodivosti j-tej zložky tohto systému
n_j - objemový zlomok j-tej zložky tohto systému
N - počet zložiek v systéme,

pričom platí

$$\sum_{j=1}^{N} n_j = 1 \quad .$$

Z roka na rok sa zvyšuje spotreba polymérnych materiálov pre ich výhodné užitkové vlastnosti. Ako surovina pri ich výrobe sa používa ropa, ktorá ako jeden z primárnych zdrojov energie je v súčasnosti predmetom neustáleho efektívnejšieho zúžitkovania. Z tohto dôvodu vznikla požiadavka aspoň čiastočne ju nahrádzovať pri výrobe polymérnych materiálov. Za týmto účelom bola vyvinutá technológia modifikovania polyolefínov minerálnymi plnivami. Táto technológia umožňuje až 30% úsporu ropy.

Pre rozpracovanie optimálnej technológie výroby a spracovania týchto materiálov bolo treba skúmať ich termofyzikálne vlastnosti a analyzovať vplyv plniva na zvýšenie tepelnej vodivosti, čo má podstatný význam pre skrátenie chladiaceho cyklu pri spracovaní týchto materiálov vstrekovaním.

Technické aplikácie heterogénnych materiálov v širšom slova zmysle sa stali motiváciou aj pre hlbší fyzikálny výskum. Svojím významom táto problematika je zaradená medzi nosné problémy základného výskumu v osemdesiatych rokoch.

Existujúce merania efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti heterogénnych materiálov v konkrétnom prípade binárnych zmesí preukazujú dve charakteristické črty. Prvou je skutočnosť, že hodnota ich efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti na rozdiel od tuhých roztokov sa nachádza v intervale ohraničenom hodnotami súčiniteľa tepelnej vodivosti oboch zložiek. Druhá sa týka koncentračných závislostí efektívneho súčiniteľa buď tepelnej vodivosti, alebo tepelného odporu. V literatúre sú vo väčšine prípadov uvádzané lineárne závislosti efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti od objemového zlomku niektorej zložky systému. V menšom počte prípadov sú uvádzané lineárne závislosti efektívneho súčiniteľa tepelného odporu od objemového zlomku niektorej zložky systému, alebo koncentračné závislosti nachádzajúce sa medzi dvoma horeuvedenými prípadmi.

Podstatou objavu je experimentálne a teoretické preukázanie existencie mechanizmu perkolácie fonónov v heterogénnych elektricky nevodivých systémoch. Perkolácia fonónov bola pozorovaná v binárnych systémoch na báze polymér-minerálne plnivo (v ďalšom texte už len plnivo) pri skúmaní efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti vybraného binárneho systému v závislosti od objemového zlomku plniva pri štandardných podmienkach (štandardná teplota T_o = 298,15 K; štandardný tlak p_o = 0,101 325 MPa). V oblasti hodnôt objemového zlomku plniva pod určitou kritickou hodnotou objemového zlomku plniva sa v systéme vytvárajú zhluky (clustre) zŕn plniva, ktoré sú vzájomne oddelené. V tejto oblasti hodnôt objemového zlomku plniva bola experimentálne zistená závislosť efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti skúmaného systému od objemového zlomku plniva v tvare

$$\lambda(n_2) = \lambda_z(n_2) = \lambda_1 n_1 + \lambda_2 n_2 \quad \text{pre} \quad n_2 < n_{2,k} \quad , \qquad (1)$$

kde

n_1 je objemový zlomok polyméru,
n_2 je objemový zlomok plniva,
$n_{2,k}$ je kritická hodnota objemového zlomku plniva,
λ_1 je súčiniteľ tepelnej vodivosti polyméru,
λ_2 je súčiniteľ tepelnej vodivosti plniva,
$\lambda_z(n_2)$ je efektívny súčiniteľ tepelnej vodivosti binárneho systému polymér-plnivo určený zmiešavacím pravidlom, ktoré je sformulované na pravej strane výrazu (1).

V oblasti hodnôt objemového zlomku plniva, ktoré vyhovujú podmienke $n_2 > n_{2,k}$ sa spojením niektorých zhlukov vytvára jeden zhluk, ktorý sa rozprestiera po celom systéme. Existencia tohto zhluku podmieňuje vznik mechanizmu perkolácie fonónov. Jeho príspevok k efektívnemu súčiniteľu tepelnej vodivosti je daný výrazom

$$\propto \left| n_2 - n_{2,k} \right|^{t_p} ,$$

kde

$\propto$ je konštanta úmernosti,
t_p je kritický exponent efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti.

Teda, ak odklon koncentračnej závislosti efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti skúmaného binárneho elektricky nevodivého systému od koncentračnej závislosti efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti danej zmiešavacím pravidlom (1) je možné vyrovnať funkčným vzťahom

$$\left| \lambda(n_2) - \lambda_z(n_2) \right| = \propto \left| n_2 - n_{2,k} \right|^{t_p} \qquad (2)$$

pre hodnoty $n_2 > n_{2,k}$, potom je možné závislosť typu (2) interpretovať pomocou mechanizmu perkolácie fonónov špecifikovanom týmto súborom kritických parametrov $\{ n_{2,k} , t_p , \propto \}$.

Mechanizmus perkolácie fonónov bol experimentálne zistený v dvoch systémoch na báze polymér-plnivo a to v systéme polyetylén-uhličitan vápenatý a polypropylén-kaolín. U týchto systémov bola experimentálne potvrdená lineárna závislosť efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti od objemového zlomku plniva v rozsahu hodnôt $n_2 \in \langle 0, n_{2,k} \rangle$, pričom $n_{2,k} = 0,3$. V oblasti objemových zlomkov $n_2 > n_{2,k}$ bol zistený odklon od lineárnej závislosti, tak, ako je to znázornené na priložených obr. 1 a 2. Extrapoláciou lineárnej koncentračnej závislosti efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti pre jednotlivé skúmané systémy a pre objemové zlomky plniva $n_2 = 1$ sa získali hodnoty zhodné pre práškový uhličitan vápenatý, resp. kaolín, ktoré sú voči hodnotám pre kompaktný uhličitan vápenatý, resp. kompaktný kaolín minimálne o jeden rád menšie. Tieto hodnoty sú v súlade so závermi, ktoré boli urobené v monografii J. E. Parrott, A. D. Stuckes:Thermal Conductivity of Solids, Pion, London, 1975 pre súčiniteľ tepelnej vodivosti súboru práškov. Pre $n_2 = 0$ boli získané hodnoty, ktoré sú v súlade s meraniami K. Eiermanna pre čiastočne kryštalický polyetylén a polypropylén (K. Eiermann: Kolloid-Z.201 (1965) 659).

Grafickou metódou znázornenou na priloženom obr. 3 sa preukázala existencia mechanizmu perkolácie fonónov v systéme polyetylén-uhličitan vápenatý, pričom boli získané tieto hodnoty kritických parametrov:

$$n_{2,k} = 0,3 \quad ; \quad t_p = 1,70 \quad ; \quad \propto = 12,49 \ Wm^{-1}K^{-1} \ . \qquad (4)$$

V systéme polypropylén-kaolín boli odhadnuté tieto hodnoty kritických parametrov:

$$n_{2,k} = 0,3 \quad ; \quad t_p = 1,70 \quad ; \quad \propto = 8,91 \ Wm^{-1}K^{-1} \ . \qquad (5)$$

Na základe získaných hodnôt pre súbor kritických parametrov pre skúmané systémy, ktoré sú v súlade so skutočnosťami pozorovanými pri perkolácii elektrónov v heterogénnych látkach (B. I. Šklovskij, A. L. Efros:Elektronnyje svojstva legirovannych poluprovodnikov, Nauka, Moskva, 1978) sa prišlo k záveru, že odklon od lineárnej koncentračnej závislosti efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti skúmaných systémov je zapríčinený perkoláciou fonónov, pretože skúmané systémy sú elektricky nevodivé a prenos energie sa môže uskutečňovat iba prostredníctvom fonónov.

Polymér plnený mikromletým minerálnym plnivom predstavuje heterogénny dvojzložkový systém, ktorý z makroskopického hľadiska je homogénna a izotropna látka. Avšak na submakroskopickej úrovni možno pozorovať náhodné priestorové usporiadanie zŕn plniva v polyméri. Vzhľadom na to, že lineárne rozmery zŕn plniva sú podstatne väčšie ako je voľná dráha fonónov, môžeme prenos energie opísať pomocou fenomenologickej rovnice, v ktorej vystupujúci efektívny súčiniteľ tepelnej vodivosti je vyjadrený pomocou náhodnej funkcie priestorových súradníc. Stochastický popis fyzikálnych vlastností heterogénnej látky vychádza z predpokladu, že skúmané skúšobné telesá boli pripravené rovnakou technológiou, majú rovnakú geometriu a rovnaké objemové zlomky jednotlivých zložiek.

Matematické riešenie stochastických fenomenologických rovníc je veľmi náročná úloha. Niektoré metódy sú opísané v práci M. J. Beran: Application of Statistical Theories for the Determination of Thermal, Electrical and Magnetic Properties of Heterogeneous Materials; v Zborníku Composite Materials, Vol. 2, Academic Press, New York, 1974. V rámci teoretickej interpretácie sa riešili dva problémy. Prvý problém sa týkal oprávnenosti nahradenia stochastického prostredia určitým efektívnym prostredím. Druhý problém sa zaoberal určením kritického exponentu efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti nekonečného zhluku v nekonečne rozľahlom prostredí.

Prenos energie v látke je opísaný rovnicou vedenia tepla

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}\,(k(\vec{r})\ \operatorname{grad} T) \qquad (6)$$

kde

$T(\vec{r},t)$ je teplota v mieste udanom polohovým vektorom $\vec{r}$ v čase t,
$k(\vec{r})$ je súčiniteľ teplotnej vodivosti v mieste udanom polohovým vektorom $\vec{r}$.

V heterogénnom prostredí je súčiniteľ teplotnej vodivosti charakterizovaný náhodnými funkciami $k(\vec{r})$ a $\vec{\eta}(t)$. Pri zápise rovnice (6) sa predpokladá, že objemové merné teplo pri konštantnom tlaku - $c_p.\varrho$ nezávisí od priestorových súradníc. Riešenie rovnice (6) se dá zapísať pomocou funkcionálneho integrálu v naslednom tvare

$$T(\vec{r},t) = \int D\vec{\eta}(\tau).\exp\left[-\frac{1}{4}\int_0^t \vec{\tau}^2(\tau)\,d\tau\right].\tilde{T}(\vec{r},t;\vec{\eta}(\tau)) \quad , \qquad (7)$$

kde $\tilde{T}(\vec{r},t;\vec{\eta}(\tau)$ vyhovuje rovnici

$$\frac{\partial \tilde{T}}{\partial t} = -\operatorname{div}\left\{[\vec{\eta}(t)\sqrt{k(\vec{r})} + \frac{1}{2}\operatorname{grad} k(\vec{r})].\tilde{T}\right\}. \qquad (8)$$

Rovnica (8) na jednej strane predstavuje stochastickú rovnicu a na druhej strane rovnicu kontinuity, ak

$$\dot{\vec{r}}(t) = \vec{\eta}(t).\sqrt{k(\vec{r}(t))} + \operatorname{grad}\frac{1}{2}k(\vec{r}(t)) \ . \qquad (9)$$

Táto formálna analógia dovoľuje nazerať na rovnicu (9) ako na rovnicu Langevinovského typu. Jej riešenie poskytuje analyticky tvar náhodných dráh, po ktorých sa uskutečňuje

prenos energie. Ak sa prenos energie uskutočňuje prostredníctvom fonónov, potom na základe horeuvedenej analógie formálne si možno predstaviť, že fonóny sa pohybujú po náhodných dráhach. Táto predstava dovoľuje názorne pochopit mechanizmus perkolácie fonónov.

Náhrada stochastického prostredia určitým efektívnym prostredím je oprávnená vtedy, ak s dostatočnou presnosťou platí

$$\frac{1}{2} \ll \left[\vec{r}(t) - \vec{r}(t_o)\right]^2 \gg = k_{ef}(t - t_o), \qquad (10)$$

kde znak $\ll \gg$ znamená dvojité stredovanie s uvážením náhodného charakteru veličin $\vec{r}(t)$ a $k(\vec{r})$. Ak platí vzťah (10), potom prenos energie dá sa opísať pomocou štandardnej rovnice vedenia tepla

$$\frac{\partial T}{\partial t} = k_{ef} . \Delta T. \qquad (11)$$

Vzťah (10) umožňuje v niektorých špeciálnych prípadoch vypočítať efektívny súčiniteľ teplotnej vodivosti - k_{ef}. Podrobne bol analyzovaný prípad, kedy náhodná funkcia $k(\vec{r})$ je definovaná nasledovnou rozdeľovacou funkciou:

V ľubovolnom mieste $\vec{r}$ náhodná funkcia $k(\vec{r})$ môže nadobudnúť iba dve hodnoty a to k_1 s pravdepodobnosťou p_1 a k_2 s pravdepodobnosťou p_2. Nech pravdepodobnosti p_1 a p_2 nezavisia od polohy a jednak od realizácie náhodného javu v inom mieste. Za týchto predpokladov a pri zanedbaní križovania sa náhodnej dráhy, dá sa ukázať, že platí

$$k_{ef} = p_1 . k_1 + p_2 . k_2 . \qquad (12)$$

V dôsledku experimentálneho faktu, že $c_p . \delta$ nezávisí od objemového zlomku niektorej zložky systému, dá sa predpokladať, že $c_p . \delta$ nezávisí od priestorových súradníc a preto možno tiež písať

$$\lambda_{ef} = p_1 \lambda_1 + p_2 \lambda_2 , \qquad (13)$$

kde λ_1 a λ_2 sú súčinitele tepelnej vodivosti jednotlivých zložiek binárneho systému. S uvážením, že platí

$$p_1 + p_2 = 1 \quad \text{a} \quad p_2 = n_2 ,$$

kde n_2 je objemový zlomok zložky 2, vzťah (13) dá sa prepísať do tvaru

$$\lambda_{ef} = \lambda_1 + (\lambda_2 - \lambda_1) n_2 , \qquad (14)$$

čo je v súlade s experimentálne pozorovanou lineárnou koncentračnou závislosťou pre hodnoty objemových zlomkov plniva, ktoré spĺňajú podmienku $n_2 < n_{2,k}$, ako ju formuluje zmiešavacie pravidlo (1).

Vo všeobecnosti dá sa ukázať, že náhodné prostredie možno charakterizovať efektívnym súčiniteľom tepelnej vodivosti i v prípade, že korelačná dĺžka náhodnej funkcie $k(\vec{r})$ je porovnateľná s lineárnym rozmerom skúmaného systému, ak stredná hodnota grad T je približne nezávislá od priestorových súradníc. Podrobné zdôvodnenie je urobené v práci M. J. Beran: Application of Statistical Theories for Determination of Thermal, Electrical and Magnetic Properties of Heterogeneous Materials, v zborníku Composite Materials, Vol. 2, Academic Press, New York, 1974.

Tento výsledok je dôležitý, pretože dovoľuje i kritický zhluk charakterizovať pomocou efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti. Ako je známe z teórie perkolácie, korelačná dĺžka neohraničene narastá, ak sa približujeme ku kritickému bodu.

Teória perkolácie je podrobne opísaná v monografii B. I. Šklovskij, A. L. Efros: Elektronnyje svojstva legirovannych poluprovodnikov, Nauka, Moskva, 1979. Metódami teórie poľa S. L. Ginzburg v práci Žurnal eksperimentálnoj i teoretičeskoj fiziki 71 (1976) 1 145 odvodil škálovacie zákony pre prípad perkolácie vychádzajúc z mikroskopického modelu. Na základe týchto výsledkov a pomocou renormalizačnej grupy dá sa odvodiť škálovací zákon pre kritický exponent efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti kritického zhluku. Postupujúc podľa monografie Shang-keng Ma:Modern Theory of Critical Phenomena, W. A. Benjamin, London, 1976, v kritickej oblasti fixného bodu je možné písať nasledovný vzťah

$$R_s \vec{\mu}(n_i) = \vec{\mu}^* + t_1(n_i) s^{y_1} \vec{e}_1 + \vec{O}(s^{y_2}) , \qquad (15)$$

kde

$y_1 > 0$ a $y_2 < 0$,
R_s je prvok renormalizačnej grupy,
n_i je objemový zlomok i-tej zložky systému,
$\vec{\mu}(n_i)$ je vektor v parametrickom priestore určujúci štatistiku kritického zhluku,
$\vec{\mu}^*$ je fixný bod, ktorého existenciu dokázal pomocou mikroskopickej teórie S. L. Ginzburg.

Postupnou úpravou pre prípad dvoch hodnôt objemových zlomkov i-tej zložky n_{i1} a n_{i2} plynú nasledovné vzťahy

$$R_s \vec{\mu}(n_{i1}) = \vec{\mu}^* + \left(\frac{s}{\xi_1}\right)^{1/\nu} \vec{e}_1 + \vec{O}(s^{y_2}) \qquad (16)$$

a

$$R_s \vec{\mu}(n_{i2}) = \vec{\mu}^* + \left(\frac{s}{\xi_2}\right)^{1/\nu} \vec{e}_1 + \vec{O}(s^{y_2}) \qquad (17)$$

kde

$\xi = A.|n_i - n_{i,k}|^{-\nu}$ je veličina úmerná korelačnej dĺžke, (18)
ν je kritický exponent korelačnej dĺžky.

Ak $n_{i2} > n_{i1}$, potom na základe vzťahu (18) $\xi_2 < \xi_1$. Aplikovaním na vzťah (17) prvok renormalizačnej grupy $R_{s'}$ plynie vzťah

$$R_{s'} R_s \vec{\mu}(n_{i2}) = \vec{\mu}^* + \left(\frac{ss'}{\xi_2}\right)^{1/\nu} \vec{e}_1 + \vec{O}(s^{y_2} s'^{y_2}) . \qquad (19)$$

Pre $s' = \xi_2 / \xi_1 < 1$ vzťah (19) prejde na tvar

$$R_{s'} R_s \vec{\mu}(n_{i2}) = \vec{\mu}^* + \left(\frac{s}{\xi_1}\right)^{1/\nu} \vec{e}_1 + \vec{O}\left(s^{y_2} \left(\frac{\xi_2}{\xi_1}\right)^{y_2}\right) . \qquad (20)$$

Porovnaním vzťahov (16) a (20) je zrejmé, že pravé strany sú rovnaké. Túto skutočnosť možno interpretovať ako topologickú podobnosť kritických zhlukov odpovedajúcich objemovým zlomkom n_{i1} a n_{i2}. To znamená, že ak u kritického zhluku v prípade objemového zlomku n_{i2} sa zväčšia jeho dutiny pomerom ξ_1 / ξ_2 prechádza tento v kritický zhluk odpovedajúci objemovému zlomku n_{i1}. Táto skutočnosť dá sa využiť na odvodenie vzťahu pre kritický exponent efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti nasledovnou úvahou:

Nech kritický zhluk je modelovaný v tvare kubického skeletu o hrane L pri objemovom zlomku n_i. Tepelná vodivosť stĺpca skeletu je daná vzťahom

$$G = \lambda . \frac{S}{L} \qquad (21)$$

kde

λ je súčiniteľ tepelnej vodivosti,
S je prierez stĺpca,
L je dĺžka stĺpca.

Tepelnú vodivosť stĺpca je možné vyjadriť ako efektívnu tepelnú vodivosť kocky o hrane L nasledovným spôsobom

$$G = \lambda . \frac{S}{L} = \lambda_{ef}(n_i) \frac{L^2}{L} \tag{22}$$

Zo vzťahu (22) plynie

$$\lambda . S = \lambda_{ef}(n_i) L^2 \tag{23}$$

Na základe topologickej podobnosti a vzťahu (23) pre objemové zlomky n_{i1} a n_{i2} plynú vzťahy

$$\lambda . S = \lambda_{ef}(n_{i1}) L_1^2 \tag{24}$$

$$\lambda . S = \lambda_{ef}(n_{i2}) L_2^2 \tag{25}$$

Porovnaním vzťahov (24) a (25) plynie vzťah, ktorý vyjadruje topologickú podobnosť

$$\frac{\lambda_{ef}(n_{i1})}{\lambda_{ef}(n_{i2})} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 = \left(\frac{L_2}{\frac{\xi_1}{\xi_2} L_2}\right)^2 = \left(\frac{\xi_2}{\xi_1}\right)^2 . \tag{26}$$

Zo vzťahu (26) bezprostredne plynie v kritickej oblasti vzťah

$$\lambda_{ef}(n_{i,k}) . \xi^2 = \text{konšt.} \tag{27}$$

Po dosadení (18) do vzťahu (27) sa získa hľadaný vzťah

$$\lambda_{ef}(n_{i,k}) = \alpha . |n_i - n_{i,k}|^{2\nu} . \tag{28}$$

Z posledného vzťahu bezprostredne vyplýva škálovací zákon

$$t_p = 2\nu . \tag{29}$$

Experimenti i teória (B. I. Šklovskij, A. L. Efros: Elektronnyje svojstva legirovannych poluprovodnikov, Nauka, Moskva, 1079) poskytujú nasledovné hodnoty

$$n_{i,k} = (0,3 \div 0,31) \quad \text{a} \quad \nu = (0,82 \div 0,94). \tag{30}$$

S použitím škálovacieho zákona (29) plynie

$$t_p = (1,64 \div 1,88). \tag{31}$$

Z uvedených experimentov (hodnoty kritických parametrov uvedených vzťahmi (4) a (5) plynie

$$n_{2,k} = 0,30 \quad \text{a} \quad t_p = 1,70 . \tag{32}$$

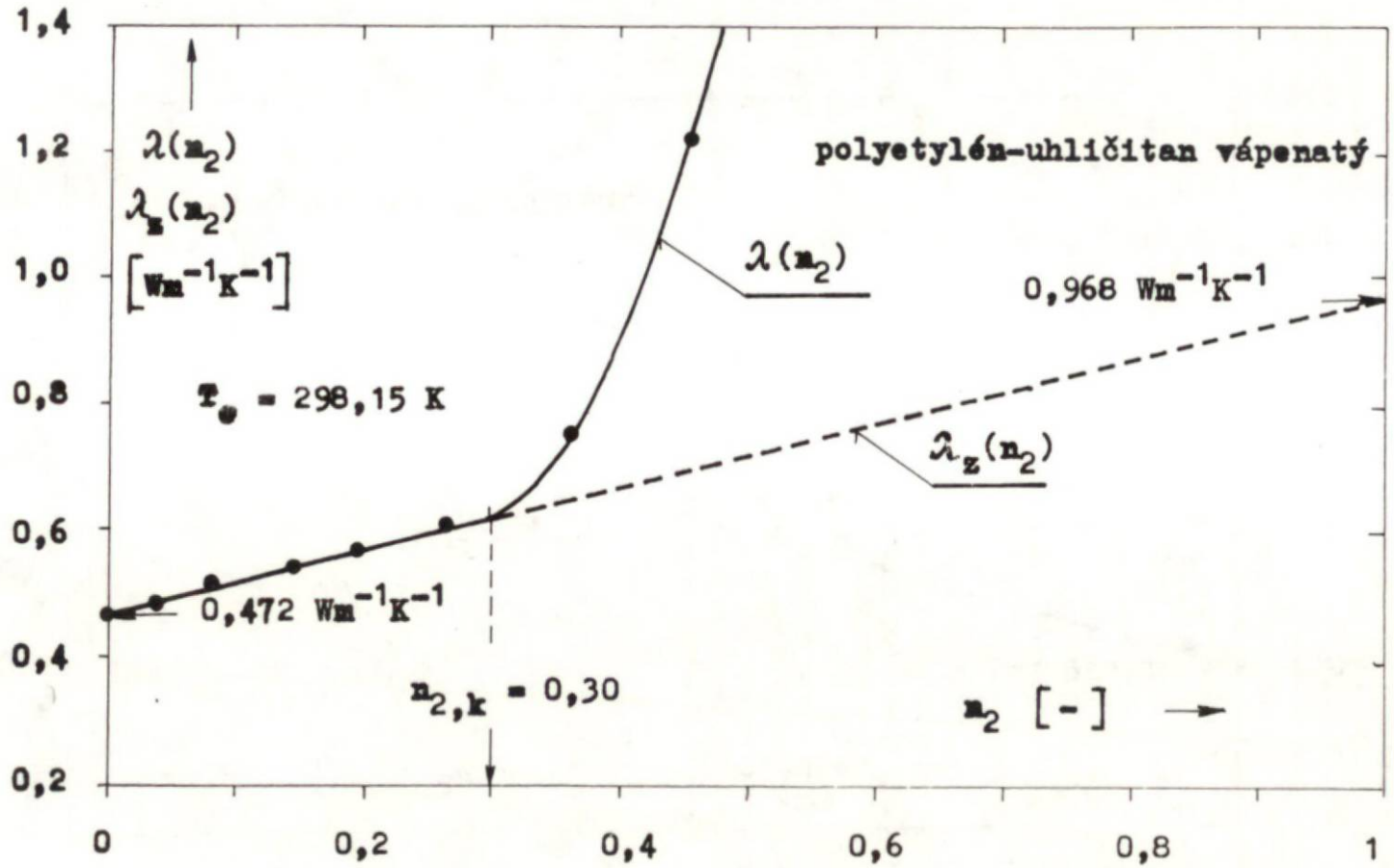
Súhlas týchto experimentálnych výsledkov a výsledkov, ktoré poskytuje perkolačný jav, dovoľujú interpretovať odklon koncentračnej závislosti efektívneho súčiniteľa vodivosti od lineárnej koncentračnej závislosti ako dôsledok perkolácie fonónov, ktorý v podstate predstavuje koncentračný kritický jav.

Poznatky získané pri interpretácii koncentračného kritického javu dajú sa využiť v technickej praxi. Do úvahy zvlášť prichádzajú operácie termoplastického spracovania

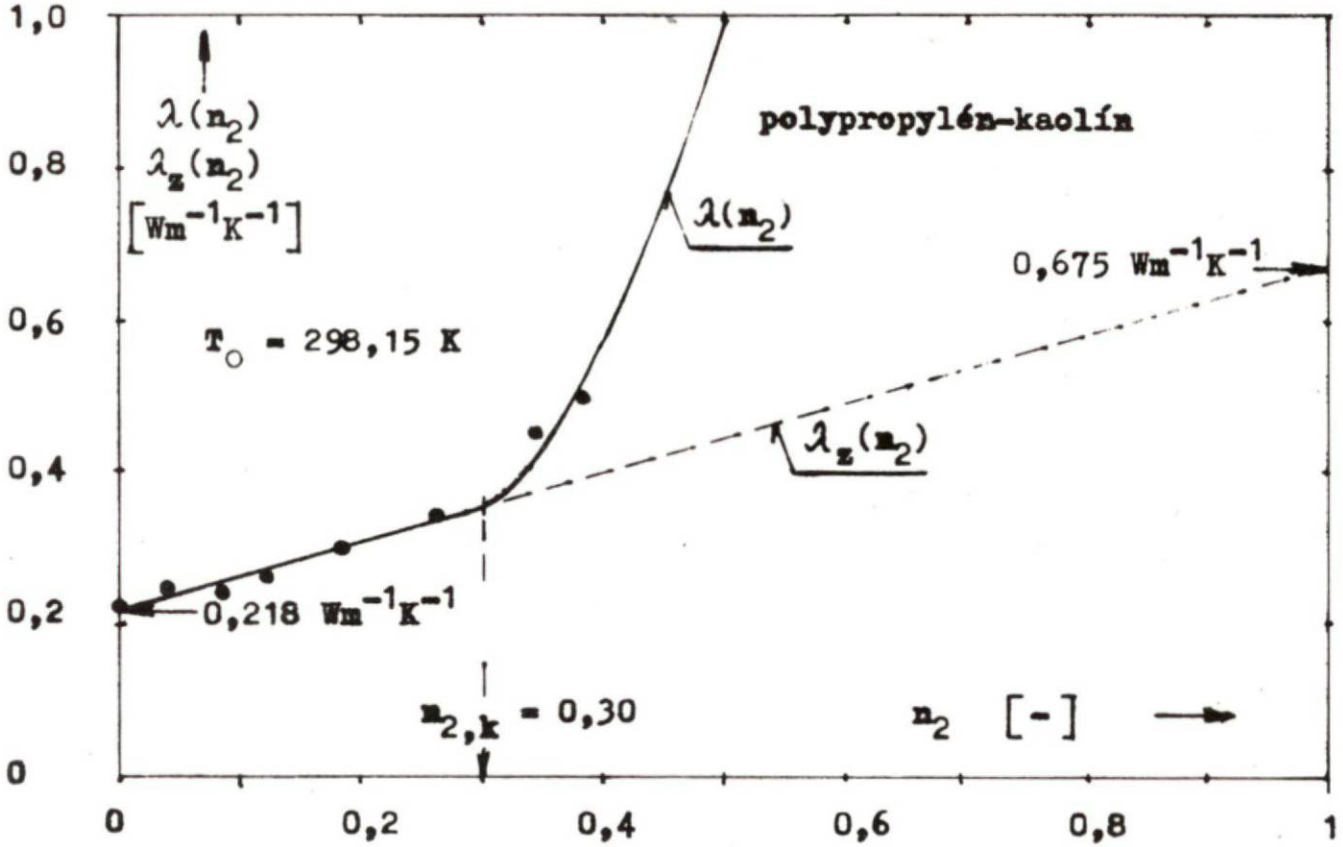
polymérov, akými sú napr. injekčné vstrekovanie, kalibrácia trúbok a profilov, vyfukovanie nádob. Pri týchto operáciach je vždy potrebné polymér previesť z tuhej fázy do taveniny a po vytvarovaní opäť vychladiť. Z hľadiska produktivity týchto procesov i spotreby energie sú dôležité súčinitele teplotnej a tepelnej vodivosti a merné teplo pri konštantnom tlaku. Použitím vysokých koncentrácii minerálnych plnív sa oba efekty zvýhodňujú a tým umožňujú významné skrátenie chladiaceho cyklu, ktorý je limitujúcim faktorom produktivity. Je známe, že merné teplo minerálnych plnív je nízke, to umožňuje znížit energetickú náročnosť operácii termoplastického spracovania plnených polymérov. V zmysle tohto objavu boli stanovené kritéria, ktoré umožňujú voľbu objemového zlomku plniva tak, aby došlo k novej organizácii štruktúry a tým aj k prudkému zvýšeniu efektívneho súčiniteľa tepelnej vodivosti.

Už samotná aplikácia plnív pri výrobe polyolefínov umožňuje až 30% úsporu ropy. Táto skutočnosť podnietila rozvoj tejto technológie v ČSSR. Skúmanie termofyzikálnych vlastností polyolefínov modifikovaných minerálnymi plnivami preukázalo 32% skrátenie chladiaceho cyklu v oblasti objemových zlomkov plniva prevyšujúcich perkolačný prah. Z hospodárského hľadiska využitie poznatkov objavu pri rozpracovaní optimálnej technológie spracovania plnených polyolefínov predstavuje významné zvýšenie produktivity práce a zníženie spotreby energie v spracovateľskom priemysle.

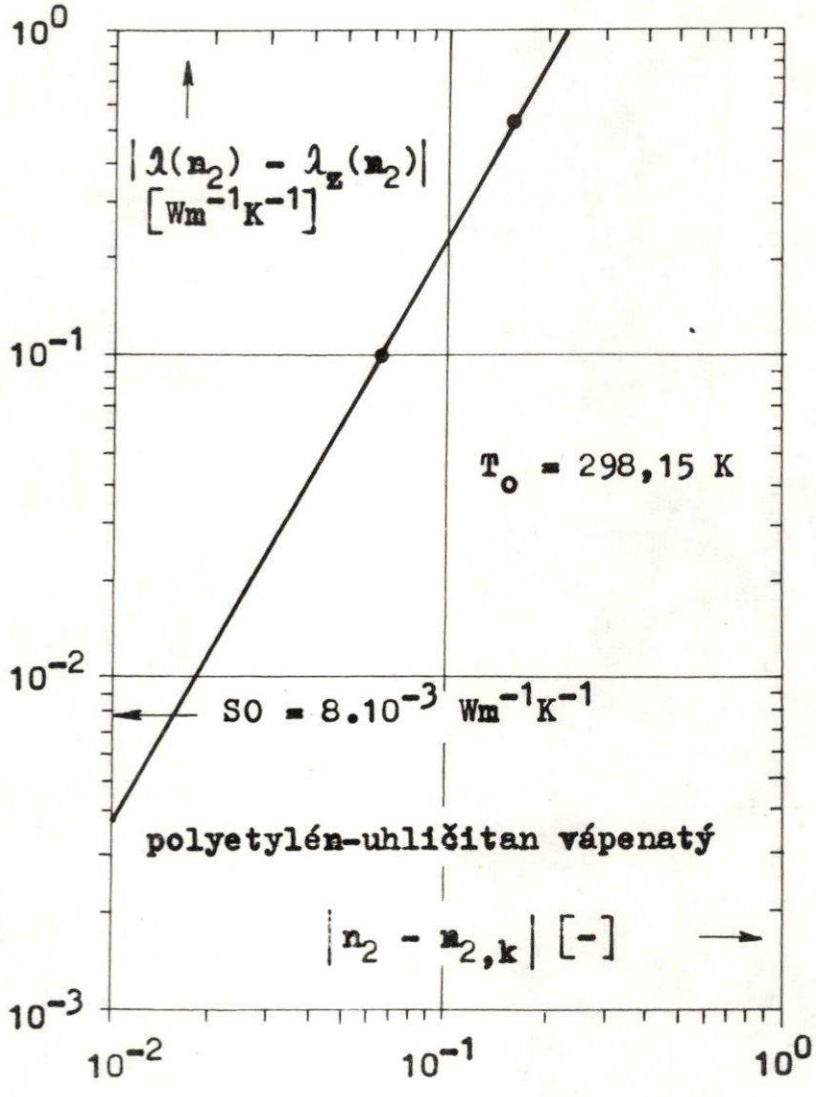
Poznatky objavu vytvárajú podstatu vynálezu o názve "Zmes na báze polyolefínov so zvýšeným súčiniteľom tepelnej vodivosti", na ktorý bolo udelené československé autorské osvedčenie č. 230 057.


1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
λ(n2)
λz(n2)
[Wm-1K-1]
polyetylén-uhličitan vápenatý
λ(n2)
0,968 Wm-1K-1
T = 298,15 K
λz(n2)
0,472 Wm-1K-1
n2,k = 0,30
n2 [-]

Obr. 1


1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
λ(n2)
λz(n2)
[Wm-1K-1]
polypropylén-kaolín
λ(n2)
0,675 Wm-1K-1
T○ = 298,15 K
λz(n2)
0,218 Wm-1K-1
n2,k = 0,30
n2 [-]
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1

Obr. 2


10^0
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
$|\lambda(n_2) - \lambda_z(n_2)|$
$[Wm^{-1}K^{-1}]$
T_o = 298,15 K
SO = 8.10^{-3} $Wm^{-1}K^{-1}$
polyetylén-uhličitan vápenatý
$|n_2 - n_{2,k}|$ [-]
10^{-2}
10^{-1}
10^0

Obr. 3

Severografia, n. p., MOST

Cena 2,40 Kčs