

CERCETAREA EXPERIMENTALĂ A PROPRIETĂȚILOR TERMICE ALE METALELOR LICHIDE

Băncilă Simion

În lucrare se prezintă rezultatele experimentale ale capacității termice, difuzivității termice, conductivității termice și electrice ale metalelor lichide Sn, In, Pb și Ga pentru temperaturi 500 ÷ 2400 K.

Datele obținute confirmă legea Wiedermann – Franz în intervalul de temperatură studiat.

В работе представлены экспериментальные данные теплоемкости, температуропроводности и теплопроводности и электропроводности жидких металлов Sn, In, Pb и Ga в интервале температур 500 ÷ 2400 K.

Полученные результаты подтверждают закон Видемана – Франца в названном интервале температур.

The paper presents the experimental results of thermal capacity, thermal diffusion, thermal and electric conductivity of the liquid metals Sn, In, Pb and Ga for the temperature 500 ÷ 2400 K.

The obtained data conform Wiedermann – Franz law in the investigated interior of temperature.

Studiul proprietăților termofizice ale metalelor lichide prezintă o problemă importantă a fizicii moleculare, deoarece permite elucidarea mecanismului de producere a mișcării termice și a fenomenelor de transport molecular în aceste medii. Avînd în vedere că metalele lichide sunt astăzi utilizate pe larg în diverse domenii ale tehnicii contemporane, cunoașterea unor proprietăți termofizice ale metalelor lichide, cum ar fi capacitatea termică, difuzivitatea termică, conductivitatea termică și electrică, este deci destul de actuală.

Important de subliniat că studiul experimental al proprietăților termice relevate este destul de dificil. În determinările experimentale de acest gen, deseori apare necesitatea înregistrării, la temperaturi înalte, a unor variații mici în timp ale temperaturii și utilizării, pentru confecționarea probelor, a unor materiale care să nu intre în reacție cu metalul lichid.

Prin aceasta, probabil, se explică faptul că rezultatele experimentale ale diferitor autori [1] publicate în literatura de specialitate, cuprind de obicei, intervale relativ mici de variație a temperaturii și că ele depășesc sensibil valorile erorilor sistematice indicate în lucrările respective, în particular, prin datele prezentate în fig. 1.

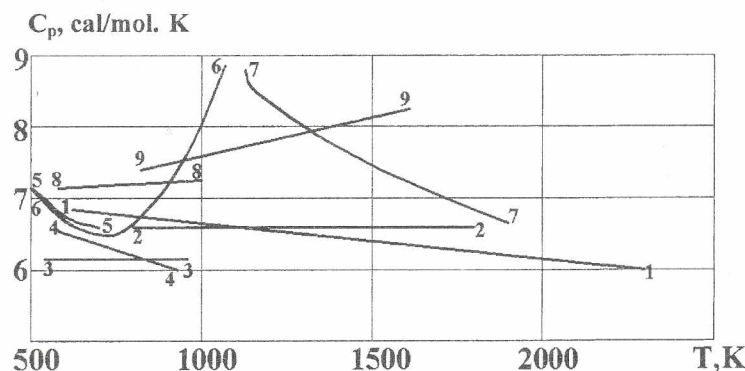


Fig. 1. Dependența de temperatură a capacității termice pentru staniul lichid:

1-1 rezultatele autorului lucrării de față [1]; 2-2 Feber R. C. și a [2]; 3-3 Umino S. [3];

- 4-4 Forster F., Tschentke [4]; 5-5 Orr R. și a [5]; 6-6 Misra G., Kumar R. [6];
7-7 Ahmatova I. A. [7]; 8-8 Nicolschi N.A. [8]; 9-9 Marîchin I. P. [9].

În prezenta lucrare studiul întregului complex de proprietăți termice (difuzivitatea termică, capacitatea termică, conductivitatea termică) se bazează pe aplicarea metodei undelor radiale de temperatură [1]. Proba supusă cercetării avea forma unei alveole cilindrice, umplută cu metal lichid și confecționată din tuburi de tantal cu pereți subțiri (circa 0,1 mm) și cu diametrul aproximativ de 6 și 14 mm. Atît fundul alveolei, cît și capacul ei au fost fabricate din tablă de tantal, avînd grosimea de circa 1,5 mm și prinse de cele două tuburi prin sudare cu fascicul de electroni. Înălțimea rondelor a fost de circa 10 mm. Între runde erau prevăzuți pereți despărțitori din foiță de tantal. Suprafața cavității a fost supusă unei încălziri periodice în formă de Π , realizată prin bombardare cu electroni. Variația temperaturii suprafeței exterioare s-a înregistrat prin metoda fără contact (în funcție de oscilațiile luminozității). În cazul impunerii geometriei sistemului, difuzivitatea termică s-a determinat în funcție de timpul caracteristic stabilit în urma comparării curbelor periodice de variație a temperaturii și a puterii de încălzire. La determinarea capacității termice și conductivității termice s-a recurs la prelucrarea informației de pe curbele menționate, avîndu-se în vedere valoarea absolută a variației puterii și temperaturii. Instalația pe care s-au făcut experimentările a fost descrisă în lucrarea [1].

Rezultatele experimentale cu privire la dependențele de temperatură a parametrilor termici

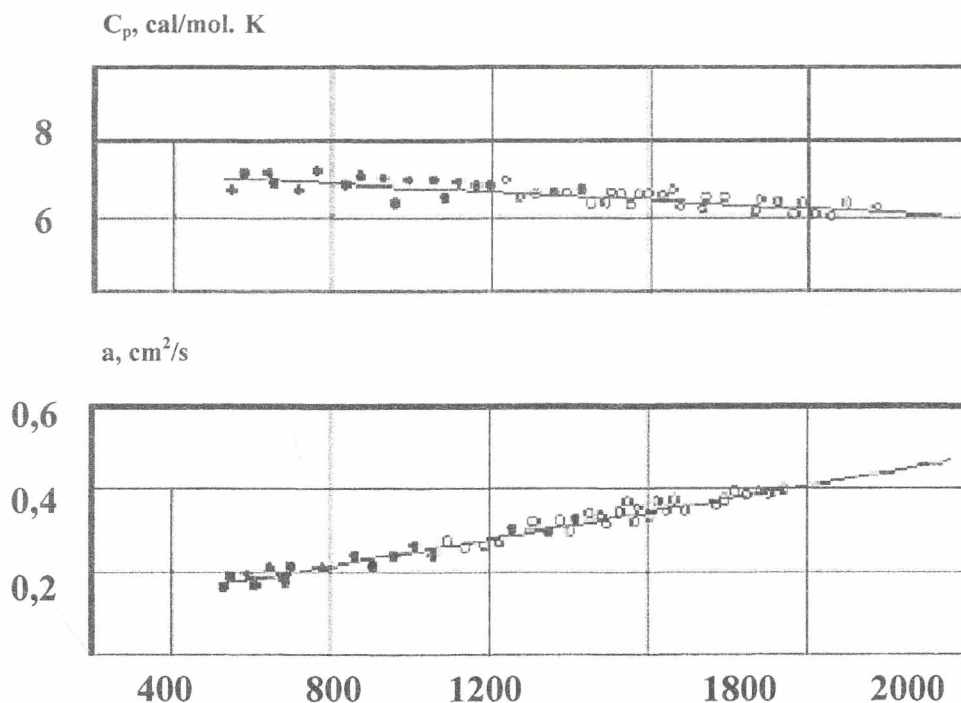


Fig. 2 Dependențele de temperatură ale capacității termice (C_p) și difuzivității termice a pentru staniu, stabilitate prin diferite metode de înregistrare a temperaturii

pentru metalele lichide, publicate în lucrările [10], [11] au fost obținute la temperaturi înalte, cuprinse între 1100 și 2400 K. Variația temperaturii suprafeței exterioare a probei s-a măsurat în aceste experiențe prin metoda optică, folosindu-se în acest scop fotomultiplicatorul. Scopul prezentei lucrări constă în extinderea intervalului de variație a temperaturii. Pentru realizarea acestui deziderat s-a recurs la îmbunătățirea construcției instalației existente, utilizîndu-se termocuplul cromel-alumel pentru înregistrarea variațiilor temperaturii probei de cercetare pentru temperaturi cuprinse între 500 și 1100 K.

Cum și era de așteptat, metoda de înregistrare a variației temperaturii probei, practic, nu afectează comportarea capacității termice și difuzității termice pentru staniu (fig. 2).

Difuzivitatea termică a fost măsurată cu o eroare incidentară de 3...4 % și cu o eroare sistematică de aproximativ 4 %, în timp ce capacitatea termică cu 4 % și 5 % respectiv.

Compozițiile metalelor studiate, exprimate în procente de greutate, sunt următoarele: 99,995 Sn; $5 \cdot 10^{-5}$ Sb; 10^{-5} (Fe, Ga, Ag, Au, Zn, Ar); 10^{-6} (Cu, Bi, Al).

In – Fe $< 10^{-5}$; Cu $4 \cdot 10^{-6}$; Ni $2 \cdot 10^{-5}$; Pb 10^{-5} ; Sn 10^{-4} ; Zn $2 \cdot 10^{-5}$; Tl 10^{-5} ; Ga 99,997; 99,995 Pb; 10^{-5} Sn; $10^{-4} - 10^{-5}$ (Fe, Ag, Cu, Zn)

În tabelele 1 și 2 sunt prezentate valorile capacității termice în funcție de temperatură și ale difuzității termice în funcție de aceeași variabilă pentru Sn, In și Ga, obținute în rezultatul prelucrării datelor experimentale cu ajutorul computerului.

Tabelul 1
Valorile capacității termice
ale metalelor lichide studiate

| T, K | $C_p, \frac{Cal}{mol \cdot K}$ | | | |
|------|--------------------------------|------|------|------|
| | Sn | In | Ga | Pb |
| 500 | - | 6,99 | 6,1 | 7,08 |
| 700 | 6,71 | 6,92 | 6,15 | 6,99 |
| 900 | 6,6 | 6,84 | 6,2 | 6,91 |
| 1100 | 6,56 | 6,85 | 6,27 | 6,85 |
| 1300 | 6,44 | 6,72 | 6,34 | 6,73 |
| 1500 | 6,41 | 6,63 | 6,41 | 6,62 |
| 1700 | 6,33 | 6,47 | 6,46 | 6,51 |
| 1900 | 6,25 | 6,31 | - | 6,40 |
| 2100 | 6,18 | 6,15 | - | 6,28 |

Tabelul 2
Valorile difuzivității termice
ale metalelor lichide.

| T, K | $a, \frac{cm^2}{s}$ | | | |
|------|---------------------|-------|-------|-------|
| | Sn | In | Ga | Pb |
| 500 | - | - | 0,275 | 0,101 |
| 700 | 0,223 | 0,227 | 0,315 | 0,119 |
| 900 | 0,251 | 0,275 | 0,325 | 0,124 |
| 1100 | 0,284 | 0,321 | 0,343 | 0,157 |
| 1300 | 0,315 | 0,367 | 0,361 | 0,170 |
| 1500 | 0,346 | 0,413 | 0,379 | 0,182 |
| 1700 | 0,377 | 0,459 | 0,395 | 0,194 |
| 1900 | 0,408 | 0,505 | - | 0,207 |
| 2100 | 0,440 | 0,552 | - | 0,219 |

Dependența de temperatură a conductivității electrice a probelor a fost studiată anterior de către autor prin metoda potențiomtrică [1]. Pe baza rezultatelor experimentale acumulate s-a calculat numărul Lorenz.

Experiențele efectuate confirmă valabilitatea legii Wiedermann – Franz pentru toate cele trei metale lichide – staniu, indiu și galiu într-un interval de variație a temperaturii mai mare cu circa 1600 K decât punctul lor de topire.

Bibliografie

1. Băncilă S. N. Issledovanie teplovîh svoistv jidkih metallov pri temperaturah do 2000 K. Kand. Dis. M.MGU 1972. - 289 s.
2. Feber R. C., Herrick C. C., L. S. Lwinson J., Chem. Thermodyn, 1, 169, 1969.
3. Umino S. Sci. Rep. Tohoku. Uniers, 15, 597, 1926.
4. Forster F., Tschentke G. Z., Metalik, 32, 191, 1970.
5. Orr R. L., Cirand H. I., Pultgreen H. P., Trans. Asm., 55, 833, 1962.
6. Misra G., Kumar R., Trans. Ind. Iust. Met. 20, 26, 1967.
7. Ahmatova I. A. DAN SSR, 162, 127, 1966.
8. Nicolschi N.A. SB. Teploperedacea i teplovoe modelirovanie AN SSSR, 1959.
9. Mardîchin I. P. Kand. Dis. MGU, 1970, 225 s.
10. Băncilă S. Proprietățile termice ale metalelor rare. // Conferința Națională de Termotehnică, ediția a VIII – A. - Pitești, 1998 - Vol I - P. 5 – 7.
11. Băncilă S. Studiul parametrilor termici ai metalelor prin metoda undelor radiale de temperatură. // Lucrările Conferinței Naționale de Termotehnică, ediția a VII-A. - Brașov, 1997. - Vol II. - P. 25 – 27.

Prezentat la 16.04.2004