

STUDIUL EXPERIMENTAL AL CONDUCTIVITĂȚII ELECTRICE A METALELOR LICHIDE

Simion Băncilă, Adela Ciobanu

(Universitatea de Stat „A. Russo”, Republica Moldova)

În lucrare sunt descrise instalațiile și metodele de măsurare a conductivității electrice a metalelor lichide în intervalul temperaturilor 300...2500 K. Se argumentează avantajele metodei de măsurare prin contact, bazată pe încălzirea inductivă a probelor. O atenție deosebită se acordă perfecționării instalației, metodelor de măsurare și calculului erorii la determinarea conductivității electrice

1. Considerații generale asupra metodelor de măsurat

Metodele existente de măsurare a conductivității electrice se împart în două categorii mari: cu contact și fără contact. Cele mai răspândite și mai simple metode s-au dovedit a fi cele cu contact. În aceste metode, aplicarea curentului electric la probă și măsurarea căderii de tensiune se face cu ajutorul unor electrozi aflați în contact cu proba; forma geometrică a modelului poate în principiu fi arbitrară.

Metodele cu contact se aplică larg la determinarea conductivității electrice atât a metalelor solide, cât și a celor lichide. Pentru măsurarea conductivității electrice a metalelor lichide, acestea se introduc într-un capilar (tub) dielectric (sticlă, cuarț, corund, magnezită) sau conductor (oțel inoxidabil, molibden, wolfram, tantal, grafit). În ultimul caz, este necesară luarea în considerare a conductivității pereților.

În funcție de tipul încălzirii, metodele cu contact pot fi cu încălzire directă și indirectă. De regulă, prima metodă se aplică la determinarea conductivității electrice a probelor din sîrmă. Încălzirea se face la trecerea curentului electric prin probă [1,2] (aici și mai jos se fac referințe la lucrări efectuate în domeniul

temperaturilor înalte). În cel de al doilea caz [3], la determinarea conductivității electrice a unor probe masive cilindrice (sau a fiolelor împlute cu un metal lichid) încălzirea se face cu o sursă de căldură exterioară, prin bombardarea cu electroni sau prin intermediul curenților de inducție de înaltă frecvență [4,5]. Măsurarea conductivității electrice prin metoda de contact se poate face prin mai multe procedee: cu ajutorul unei punți simple sau duble, ampermetru-voltmetru și potențiomtru. Ultima metodă este cea mai răspândită. Prin metoda potențiomtrică se impune măsurarea căderii de tensiune în probă și într-o rezistență standard unită în serie cu proba. Pentru a exclude rezistența conductoarelor și fenomenelor de contact, se recurge la aplicarea metodei cu patru electrozi: doi electrozi servesc pentru aducerea curentului, iar ceilalți doi se folosesc pentru măsurarea căderii de tensiune pe sectorul evidențiat al probei. Căderea de tensiune se măsoară în regim de compensare. Pentru compensarea forței electromotoare, măsurările se efectuează în sensul direct și invers al curentului. Eroarea acestei metode nu depășește 0,1...1 %. Dezavantajele metodelor de contact se manifestă mai cu seamă în domeniul temperaturi înalte. Una dintre inconvenientele principale este contactul imperfect între electrozi și probă (nu întotdeauna este posibilă sudarea; în unele cazuri contactul este asigurat de spirale). Alte dezavantaje ale metodelor de contact constau în apariția forței electromotoare între probă și electrozii de potențial, necesitatea luării în considerare a interacțiunii dintre substanța cercetată și borne sau peretele capilarului.

Metodele fără contact sunt bazate pe interacțiunea dintre electronii conductivi ai probei metalice și câmpul magnetic variabil. De cele mai multe ori conductivitatea electrică se determină în funcție de unghiul de răsucire a unei cupe umplute cu un metal lichid și suspendată de un fir elastic într-un câmp magnetic rotativ. Mișcarea de rotație a câmpului magnetic este creată de trei sau șase bobine. Pentru prima oară această metodă a fost realizată în varianta relativă a lui Brounbek [6], Grube și Speidel [7]. Pentru modelele de formă cilindrică de rază R și înălțime h , Brounbek a obținut următoarea relație de calcul a momentului de torsiune:

$$M = \frac{P}{4} \sigma \omega h R^4 H^2, \quad (1)$$

în care: σ reprezintă conductivitatea electrică a probei;

ω - frecvența unghiulară de rotație;

H - intensitatea câmpului magnetic.

În lucrarea [6] s-a apreciat corecția la câmpul magnetic suplimentar al curenților turbionari din probă. Întrucât relația (1) încadrează raza la puterea a patra, devine evident că corecția la destinderea termică este prea mare. Metoda câmpului magnetic rabatat a fost dezvoltată de A. P. Reghel [8, 9]. Rezolvarea dată de Hertz a fost dusă de el pînă la relații finale de calcul, valabile pentru orice frecvență. Totodată, A. P. Reghel a verificat experimental influența devierelor posibile de la condițiile ideale.

O metodă analogă a fost examinată în lucrarea [9] pentru sferă. Forma sferică a probei prezintă anumite inconveniente în executare, motiv din care nu a obținut aplicare largă.

Conform estimărilor făcute în [10], eroarea metodelor fără contact constituie 2...6 %. Precizia s-ar putea majora, dacă această metodă s-ar folosi ca una relativă. De altfel, eroarea măsurărilor s-ar reduce pînă la 1 % [3].

Prin metoda fără contact a fost determinată conductivitatea electrică a metalelor: Fe, Ni, Co, Mn, La, Ce, Nd, Pr, Cu, Pb, Al [10].

Dintre alte metode fără contact se poate menționa metoda de determinare a conductivității electrice, bazată pe măsurarea forței de respingere a modelului din solenoidul alimentat cu curent alternativ.

În studiile moderne ale conductivității electrice a metalelor lichide nu s-a dat preferință nici uneia din metode, ambele aplicîndu-se cu succes.

În lucrarea de față s-a recurs la metoda de contact. După cum s-a menționat anterior, studiul conductivității electrice este o parte integrantă a studiului complex al proprietăților metalelor lichide la temperaturi înalte. Specificul metodelor care permit determinarea proprietăților termice este legat de folosirea cupelor metalice. Evident, containere analoge au fost utilizate de autori și la măsurarea conductivității. Metoda de măsurare realizată prin folosirea încălzirii inductive de înaltă frecvență a devenit destul de comodă, permițînd efectuarea măsurărilor pînă la temperaturi de 2500 K. Descrierea experiențelor efectuate în această lucrare este subiectul paragrafului următor.

2. Descrierea experimentului

În acest paragraf se descrie metoda de măsurare prin contact a conductivității electrice a metalelor lichide, caracterizate prin aplicarea încălzirii inductive la frecvența înaltă a fiolilor metalice umplute cu metalul lichid cercetat. Folosirea încălzirii inductive permite obținerea în probă a unui câmp de temperatură relativ omogen și convenabil prin inerția sa unică. Timpul necesar instalării unei temperaturi stabile constituie cîteva secunde. Datorită acestui fapt măsurările pot fi efectuate destul de rapid. Un alt avantaj important al experimentului constă în posibilitatea variației lente a puterii aplicate la model și, implicit, a temperaturii probei. Măsurările pot fi efectuate atît în vid, cît și într-un mediu gazos inert. Instalația experimentală descriă mai jos a fost folosită anterior de către Macarenco I. L. și Arutiunov A. V. [4, 5] la măsurarea conductivității electrice a unor metale greu fuzibile [11]. Această instalație a fost adaptată de autor la măsurarea conductivității electrice a metalelor lichide [12-14].

Schema instalației se ilustrează în figura 1. Proba cercetată reprezintă o fiolă umplută cu un metal lichid, care se așează pe axa inductorului unui generator inductiv de frecvență înaltă de tip ГЖИИ-15, sub o calotă de vid. Fiola se confecționează dintr-un semifabricat de tantal sau niobiu avînd diametrul ~14 mm, lungimea ~10 mm, și grosimea $\delta R = R_2 - R_1 = 1,5 - 2$ mm.

Cavitatea cilindrului s-a prelucrat cu un alezor, care a permis obținerea destul de exactă a geometriei fiolei. Netezimea prelucrării suprafeței exterioare a cilindrului a corespuns clasei a 8-a. Capacul fiolei s-a executat din același material. Pînă a se umple cu metal, fiola era călită timp de cîteva ore, în vid, la temperatura $T = 2200$ K, după care se măsura rezistența electrică. Umplerea fiolei se făcea la

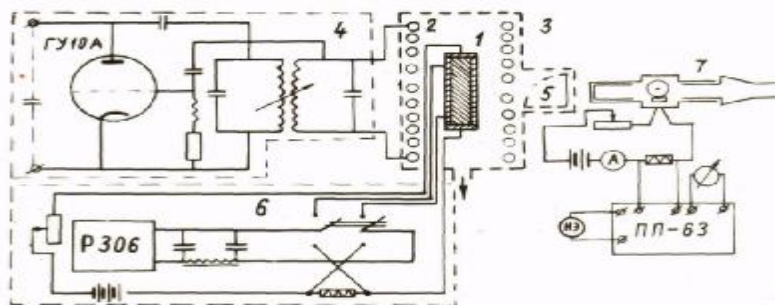


Fig.1 Schema de măsurare a conductivității electrice [12].

1-proba, 2-inductor, 3-calotă cu vid, 4-generator, 5-clapetă, 6-schemă de măsurat, 7-pirometru optic.

temperatura camerei. În acest scop, din materialul cercetat se strunjea un cilindru, al cărui diametru era egal cu diametrul interior al fiolei; lungimea lui se alegea luându-se în considerare dilatarea termică a materialului cercetat. Etanșarea la vid a îmbinării între fiolă și capac s-a realizat prin sudură cu un fascicul de electroni. Bornele executate din sîrmă de tantal cu diametrul 1 mm s-au presat în găurile din centrele capetelor fiolei. Electrozii de potențial (sîrmă de tantal cu diametrul $\sim 0,3$ mm) au fost ștemuiți în orificiile radiale amplasate pe generatoarea fiolei. Distanța dintre electrozi a constituit 50...60 mm. Electrozii ieșeau în exteriorul capetelor fiolei cu ~ 20 mm. Bornele și electrozii de potențial au fost dispuși în plane care traversau axa indicatorului, pentru a reduce țințele de frecvență înaltă. (Asamblarea fiolei este ilustrată în fig. 2 și 3).

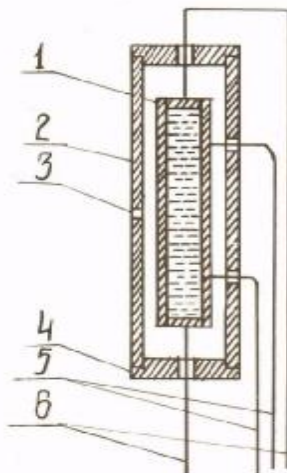


Fig.2. Montarea probei pentru măsurarea conductivității electrice prin încălzire indirectă: 1-proba; 2-tub de noiuiu; 3-orificiu cu diametru 0,8 mm pentru măsurarea temperaturii; 4-capacul tubului; 5-electrozi de potențial; 6-borne.

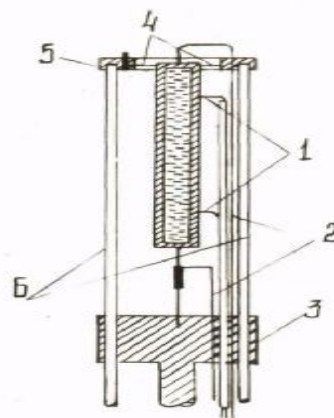


Fig.3 Montarea probei pentru măsurarea conductivității electrice: 1-electrozi de potențial; 2-borne; 3-disc de reazem; 4-ace de wolfram; 5-inel executat din pirofilit; 6-bețișoare ceramice.

Camera de vid era compusă dintr-o bază de alamă, echipată la rîndul său cu șine răcite cu apă, prin care se făcea alimentarea cu curentul electric și o calotă. Pentru a evita prăfuirea ferestrei de vizualizare, aceasta s-a îndepărtat la o distanță semnificativă de la probă și s-a echipat cu o clapetă transparentă, a cărei poziție putea fi schimbată cu ajutorul unui mecanism electromagnetic special. Etanșarea la vid între calotă și bază s-a realizat cu ajutorul unui șlif răcit cu apă. În timpul măsurăturilor, vidul din spațiul de lucru nu era mai jos de 10 mmHg. Cele două circuite, anodic și cu grilă, aveau o legătură inductiv variabilă, care permitea ca puterea aplicată pe model să fie variată lent. Pentru a reduce pulsațiile de tensiune ale anodului, în circuitul anodic al lămpii de generator de tipul ГY-10A a fost introdus un filtru de atenuare (cu capacitatea de 8 μ F). Puterea în inductor constituia 7...8 kW, iar cea consumată din rețea 15 kW. Pentru realizarea simetriei cîmpului electromagnetic, încălzirii uniforme a suprafeței laterale a probei și obținerea unui randament înalt al sistemului inductor-probă, în modelele cu dimensiunile indicate mai sus au fost confecționați inductori cu o geometrie diferită de cea obținută industrial; lungimea inductorului era egală cu ~ 16 cm, diametrul interior cu ~ 4 cm, lățimea spirei cu $\sim 0,5$ mm, interstițiul (joul) dintre spire $\sim 0,2...0,3$ mm. Pentru o asemenea geometrie, la puterea aplicată pe model de 1,5 kW și temperatura modelului $T = 2500$ K, randamentul sistemului inductor-proba era egală cu $\sim 0,2$.

Măsurarea conductivității electrice s-a efectuat cu ajutorul schemei potențiometrice, care includea un filtru în formă de Π pentru suprimarea țințelor de înaltă frecvență orientate asupra conductoarelor. Pentru a exclude influența forței electromotoare, toate măsurările, fără excepție, s-au efectuat de două ori, pînă și după comutarea curentului, iar în calculele ulterioare s-a luat valoarea medie a mărimii măsurate. Temperatura de strălucire (T_{str}) a modelului s-a determinat prin fereastra de vizualizare cu ajutorul pirometrului optic de tipul ЭОП-51.

Curentul care trecea printr-o lamă pirometrică s-a măsurat cu ajutorul potențiometrului de tip ПП-63. Temperatura reală a probei s-a determinat reieșind

din dependența funcțională $\frac{T_r}{T_{str}} = f(T_{str})$. Pentru stabilirea acestei dependențe, s-a

recurs la următorul experiment. La mijlocul tubului de tantal, de dimensiunile fiolei, s-a executat un orificiu cu diametrul 0,5...0,7 mm, obturat la ambele capete cu dopuri. S-a măsurat atît temperatura suprafeței tubului (de strălucire), cît și temperatura în proba creat de corpul negru T_r (reală). Repetarea experimentului pentru tuburi de geometrie diferită, dar cu suprafețe prelucrate identic, în aceleași condiții, a dus la aceleași rezultate.

Datele experimentale obținute în asemenea mod au fost prelucrate în forma

$\frac{T_r}{T_{str}} = f(T_{str})$ (vezi fig. 4). La calculul conductivității electrice a metalului lichid s-a

considerat că topitura și materialul fiolei sunt conectate în paralel.

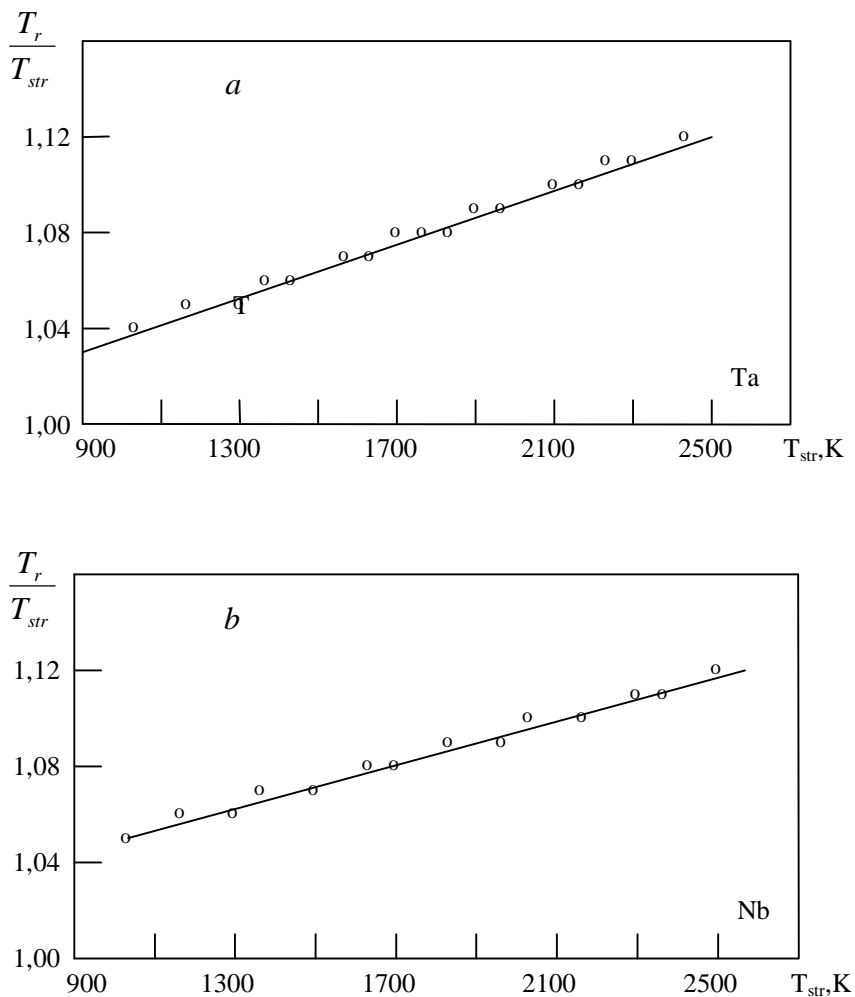


Fig.4 Dependența funcțională $\frac{T_r}{T_{str}} = f(T_{str})$: a- tantal; b-niobiul.

Conductivitatea electrică a materialului cercetat s-a calculat după formula:

$$s = \frac{4l}{pD^2(1 + \bar{\alpha}t)} \left(\frac{1}{R_{\Sigma}} - \frac{1}{R_{Ta}} \right), \quad (2)$$

în care R_{Ta} reprezintă rezistența electrică a fiolei nesolicitate de lungimea l ;

R_{Σ} - rezistența fiolei solicate de aceeași lungime;

D - diametrul metalului lichid;

$\bar{\alpha}$ - valoarea medie a coeficientului de dilatare termică.

Corecția la dilatarea termică a fiolei s-a luat în considerare în corespundere cu rezultatele lucrării [10]:

$$\bar{\alpha}t = \left(\frac{\Delta l}{l} \right)_{Ta} = -1 \cdot 10^{-4} + 6,6 \cdot 10^{-6}t + 7,45 \cdot 10^{-10}t^2, \quad (3)$$

$$\bar{a}t = \left(\frac{\Delta I}{I}\right)_{Nb} = -1 \cdot 10^{-4} + 5,6 \cdot 10^{-6} t + 1,9 \cdot 10^{-9} t^2 \quad (4)$$

În tabelul 1 e prezentat extrasul măsurărilor rezistenței pentru unele temperaturi la măsurarea conductivității electrice a indiului lichid.

Tabelul 1.

Date experimentale obținute la măsurarea conductivității electrice a indiului lichid

$T_{ad}, ^\circ K$	$T_{str}, ^\circ K$	U_k, mV	U_R, mV	$R_\Sigma 10^8 \Omega$	$R_{Ta} 10^8 \Omega$	$\rho 10^8 \Omega m$
2181	2023	6,7380 6,7450	3,0830 3,2210	0,4667	0,899	72,3
1955	1823	6,8170 6,8250	3,0270 2,8065	0,4275	0,813	65,4
1592	1500	6,9641 6,9631	2,7340 2,3550	0,3654	0,675	57,8
1482	1413	7,0160 6,9600	2,6140 2,2560	0,3484	0,634	56,3

Notă: U_k și U_R reprezintă căderea de tensiune pe rezistența etalon, respectiv pe lungimea l a modelului. Resistența etalonului a fost egală cu $10^{-3} \Omega$.

3. Prelucrarea metodicii

În metoda descrisă anterior s-a ales materialul și geometria fiolei. La alegerea materialului este important să se ia în considerare interacțiunea chimică între metalul lichid și fiolă. Experiențele efectuate au arătat că, la $T \approx 1100 K$ și mai mari, metale ca Fe, Ni și Co interacționează cu Ta. Metalele rare (La, Ce, Nd, Pr) interacționează cu Ta, probabil, la temperaturi de aproximativ 2200 K, iar Ga, Tl, Pb, și Cu interacționează cu Nb, probabil, la temperaturi $T > 1800 K$.

Drept material pentru fabricarea fiolei s-a ales tantalul când s-a recurs la măsurarea conductivității electrice La, Ce, Pb, Su, Ge, Sb, Bi, Tl și niobiul când s-a recurs la măsurarea conductivității electrice a Pr, La, Nd. Pentru controlul rolului posibil al interacțiunii (dizolvării) fiolei, măsurările s-au efectuat în sensul creșterii și descreșterii temperaturii: după experiențele la temperaturi înalte au urmat, în mod obligator, măsurări la temperaturi mai mici, cele mai joase având ca scop compararea rezultatelor obținute pînă și după măsurările la temperaturi înalte. Rezultatele experimentului s-au considerat valide numai dacă a existat o bună reproducere a lor, fapt care denotă lipsa influenței interacțiunii chimice între metalul lichid și materialul fiolei asupra conductivității electrice. O reproducere rea a rezultatelor a fost semnalată la măsurarea rezistenței La în fiola de niobiu. Aceste măsurări au fost repetate în fiola de tantal în care reproducerea rezultatelor a fost destul de bună. (Se poate vorbi despre interacțiune doar atunci când nu are loc reproducerea rezultatelor după încălzirea fiolelor pînă la temperaturi maxime de lucru sau când are loc dizolvarea evidentă a fiolelor sub acțiunea topiturii, ca, de exemplu, în cazurile observate de noi a fiolelor de tantal umplute cu cobalt la $T \approx 1500 K$ și a fiolelor de niobiu umplute cu talii la $T \approx 1600 K$).

În experiențele noastre, geometria fiolei s-a ales reieșind din condiția ca $R_{cal} < R_{fiol}$ de aceeași lungime. (În aceste condiții, conductivitatea electrică a peretelui este doar o corecție).

Pe de altă parte, grosimea pereților fiolei trebuie să fie mai mare decât grosimea stratului-skin pentru ca câmpul electromagnetic pătruns în metalul lichid să nu poată provoca apariția tensiunilor mecanice în stratul de metal lichid. În caz contrar, pot apărea suspiciuni în privința desprinderii metalului de la pereți. Grosimea stratului skin s-a determinat prin expresia:

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{\mu \sigma f}}, \quad (5)$$

în care: μ este prenenranța magnetică;

σ – conductivitatea electrică;

f – frecvența de lucru.

Dacă frecvența de lucru a generatorului constituie 450 kHz, atunci grosimea stratului skin, pentru tantal, nu depășește valoarea 1mm.

Pentru a ne convinge de lipsa efectului posibil al penetrației câmpului electromagnetic în metalul lichid, într-o singură experiență, la măsurarea conductivității electrice a disproziului s-a recurs la folosirea încălzirii indirecte, pe lângă cea obișnuită. Volumul mediului cercetat s-a introdus în interiorul unui tub confecționat din niobiu, al cărui diametru era cu 6 mm mai mare decât cel al probei, iar lungimea tubului cu 20 mm mai mare. Sondele de potențial și bornele au fost lăsate să treacă prin capetele tubului care s-au obturat cu dopuri din molibden. Încălzirea tubului s-a efectuat cu curenți de înaltă frecvență. La mijlocul tubului s-a executat o gaură pentru măsurarea temperaturii reale a probei. Asamblarea probei din această experiență este reprezentată în fig.3. În afară de scopul menționat mai sus, acest experiment a permis verificarea corectitudinii determinării temperaturii raportate.

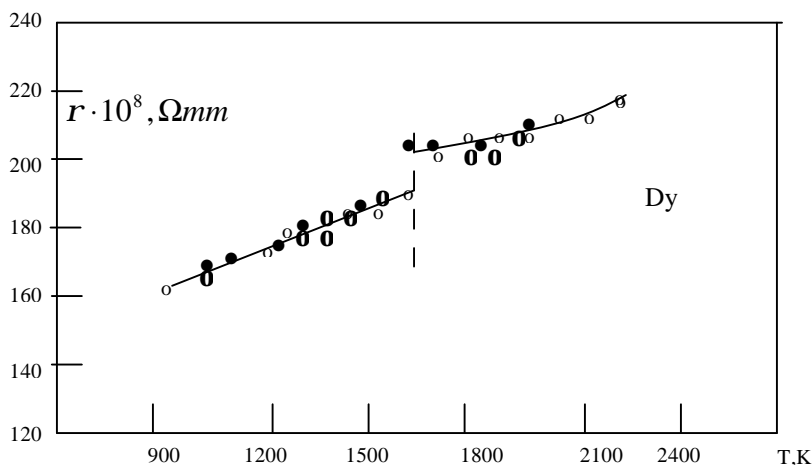


Fig.5. Rezistența electrică specifică a disproziului.

- - rezultatele obținute prin folosirea încălzirii indirecte,
- ° - prin metoda potențiometrică.

În fig.5 s-au notat, în mod diferit, rezultatele măsurării conductivității electrice a disproziului. Concordanța bună a acestor rezultate confirmă pe deplin justetea afirmațiilor făcute. În toate măsurările conductivității electrice a metalelor lichide, lungimea probei constituia aproximativ $\frac{1}{3}$ din lungimea inductorului, iar proba se amplasa la mijlocul acestuia, unde există un câmp electromagnetic omogen. Pentru verificarea suplimentară a corectitudinii determinării geometriei fiolei (topiturii) s-a recurs la compararea rezultatelor măsurării conductivității electrice a semifabricatului din care s-a executat fiola și a fiolei propriu-zise.

Rezultatele unor asemenea măsurări a fiolei din tantal se prezintă, în funcție de temperatură, în tabelul 2.

Tabelul 2.

Rezistența fiolelor de tantal

T, K	1000	1400	1800	2000	2500
$\rho \cdot 10^8 \Omega \text{m}$ (ampulă)	45,4	58,6	72,8	79,0	95,6
$\rho \cdot 10^8 \Omega \text{m}$ (cilindru)	45,1	58,3	72,1	78,5	95,3

În limitele erorii experimentului, aceste rezultate se află în bună concordanță cu cele existente în literatura de specialitate.

4. Eroarea la determinarea conductivității electrice

Sursele principale de erori sistematice de măsurare pot fi:

§ eroarea la determinarea geometriei fiolei și metalului lichid nu depășesc 0,6%. De altfel, eroarea determinării distanței dintre sonde constituie $\approx 0,2$ %, iar eroarea la determinarea secțiunii topiturii $\approx 0,3$ % (pentru dimensiuni obișnuite $l \approx 50$ mm, $D \approx 7$ mm, $\frac{dl}{l} \approx 0,2$ %, $\frac{dD}{D} \approx 0,15$ %);

§ eroarea sistematică se compune din eroarea de citire a temperaturii după curba de gradare a lămpii pirometrice care, pentru piometrul de tipul ЭОП – 51, constituie 0,3 % și eroarea condiționată de variația posibilă a gradului de absorbanță a suprafeței fiolei în comparație cu experimentul de calibrare. Cauza unei asemenea variații poate fi modificarea gradului de absorbanță a suprafeței fiolei datorită oxidării. Influența radiației reflectate de inductor nu poate fi substanțială, deoarece experiența de calibrare s-a efectuat în aceleași condiții.

Dacă se consideră că mărimea ε este stabilă cu o precizie de 10 %, eroarea suplimentară $\frac{dT}{T}$ se conține în intervalul 0,4...1 % (pentru temperaturi cuprinse între 1000 și 2300 K). Drept urmare, $\frac{dT}{T}$ poate varia de la 0,9 pînă la 1,5 %.

Eroarea la determinarea conductivității electrice datorită temperaturii raportate se calculează cu formula:

$$\frac{dr}{r} = \frac{\partial r}{\partial T} \cdot \frac{dT}{r} = \frac{\partial r}{\partial T} \cdot \frac{\partial T}{T} \cdot \frac{T}{r} \quad (6)$$

În intervalul de temperaturi 1000...2500 K, pentru $\frac{\partial r}{\partial T} \approx 6 \cdot 10^{-2} \frac{m\Omega \cdot cm}{K}$

(pentru 1 n), $\frac{dr}{r}$ are valori uzuale cuprinse între 1 și 2 % ;

- § eroarea sistematică, datorită impreciziei luării în considerare a rezistenței R a peretelui, constituie fracțiuni de procent (la determinarea ei mărimea ce se măsoară este căderea de tensiune măsurată cu un potențiomtru avînd clasa de precizie 0,05);
- § eroarea sistematică, datorită neomogenității cîmpului de temperatură, după estimările făcute în lucrarea [10], constituie 0,3 %;
- § erorile de măsurare a căderii de tensiune pe model și a rezistenței etalon sunt determinate de clasa de precizie a potențiometrului de tipul (P 306), cu ajutorul căruia s-au măsurat aceste tensiuni și care constituie fracțiuni de procent.

Avînd în vedere cele relatate, se poate constata că eroarea sistematică maximă (acumulată) pentru condițiile tipice ale experimentului, în intervalul indicat al temperaturilor, are valori uzuale cuprinse între 0,5 și 2,5 %.

Din erorile aleatorii de măsurare fac parte eroarea la determinarea rezistenței fiolei umplute $\frac{\partial R_e}{R_e}$, erorile asociate de determinarea temperaturii raportate temperaturilor în model și rezistența etalon, precum și eroarea asociată de excluderea forței termoelectromotoare. Reieșind din caracterul de deviere a punctelor experimentale, se poate spune că eroarea medie pătratică de măsurare constituie $\approx 0,8\%$. O informația mai detaliată cu privire la rezultatele experimentale obținute va fi prezentată de autori în următorul număr al revistei.

Bibliografie

1. Триханова, Н. *Исследование тепловых свойств тугоплавких металлов в области температур 1500-3000 К*: Дисс. на соискание ученой степени канд. физ. наук. Москва: МГУ, 1970, 156с.
2. Вертоградский, В.А. *Автореферат кандидатской диссертаций*. Энергетический Институт, Москва, 1972.
3. Пелецкий, В. Э., Тимрот, Д. А. и др. *Высокотемпературные исследования тепло- и электропроводности твердых тел*. -М.: «Энергия», 1971.
4. Аритюнов, А. В. *Исследование теплопроводности и теплоемкости металлов в области температур 100-2500 К*: Дисс на соискание ученой степени канд. физ-мат. наук. -Москва: МГУ, 1970, 172с.

5. Макаренко, И.Н. *Исследование теплопроводности и теплоемкости твердых металлов в области температур 110-2500 К*: Дисс. на соискание ученой степени канд. физ-мат. наук. - Москва: МГУ, 1970, 168с.
6. Braunbek, W. Z. *Phys.*, 73, 312, 1932.
7. Grube, G. Speidel H. Z. *Elektrochem.*, 46, 233, 1940.
8. Регель, А.Р. *ЖТХ*, 18, с. 1511, 1948.
9. Регель, А.Р. *ЖТХ*, 1, nr.6, с. 1271, 1956.
10. Велашенко, Д.К., *Явление переноса в жидких металлах и полупроводниках*. Атомиздат, Москва, 1970.
11. Аритюнов, А.В., Банчила, С. Н., Филипов, Л. П. *Теплофизика высоких температур*. Т.10, 3, 1972.
12. Банчила, С.Н., *Исследование тепловых свойств жидких металлов при температурах до 2000 К*. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Москва, Московский Государственный Университет, 1973, 189 стр.
13. Банчила, С.Н., *Экспериментальное изучение комплекса тепловых свойств некоторых редкоземельных металлов при высоких температурах* // Инженерно-физический журнал, т. XXVII, Nr.1, Минск, 1974, стр.68-71.
14. Băncilă, S. *The study of the thermal properties of some liquid metals at high temperatures*. The-12th International conference „Applied mechanics, militari technical systems and technologies”, România, Sibiu, 11th-14th june 2007, p. 124-131.

THE EXPERIMENTAL STUDY OF THE LIQUID METALS ELECTRIC CONDUCTIVITY

Simion Băncilă, Adela Ciobanu

(State University „Alecus Russo”, Republic of Moldova)

This article describes the equipment and measurement methods of liquid metals electrical conductivity, for temperatures between 300 and 2500 K. The advantages of the measurement by contact method, based on inductive sample heating, are discussed. The authors pay special attention to equipment improvement, measurement methods and error calculation in determining electrical conductivity.

Prezentat la redacție la 25.04.2008