

ЕДНА МЕТОДА ЗА МЕРЕЊЕ НА КОЕФИЦИЕНТОТ НА ТЕРМОЕЛЕКТРОМОТОРНА СИЛА

М. Ристић и Љ. Пејковски

Испитувањето на термоелектричните својства на металите и легурите во широко температурно подрачје претставува голем интерес, бидејќи тие се тесно поврзани со промените на структурата. При премин од една фазна состојба во друга настанува соодветна промена на термоелектричните својства.

Термоелектричните ефекти: Zebek-овиот, Peltier-овиот и Thomson-овиот се тесно поврзани еден со друг и можат да бидат изразени само со коефициентот на термоелектромоторната сила (Zebek-овиот коефициент). Тој пак е тесно поврзан со структурата на кристалното тврдо тело.

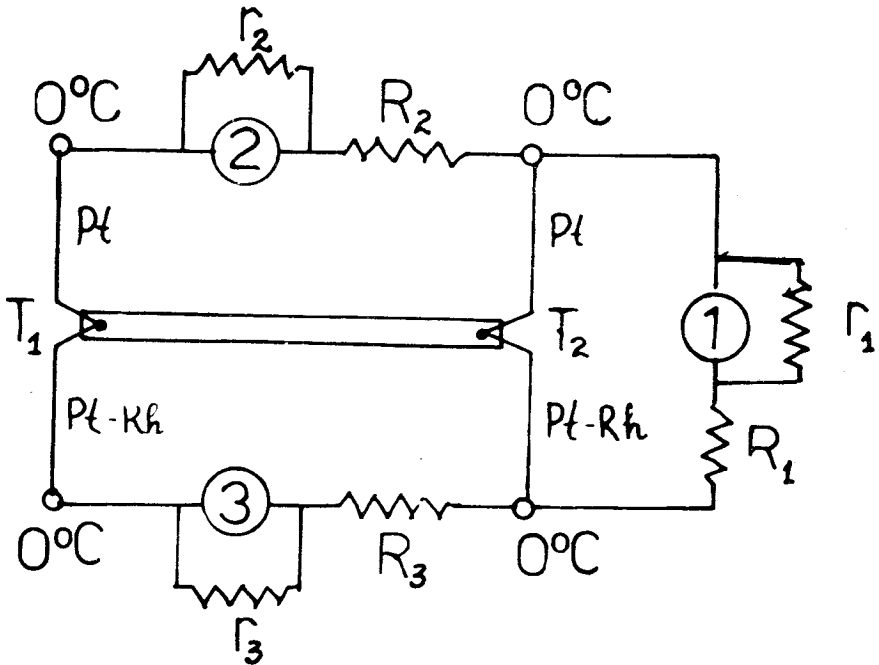
Коефициентот на термоелектромоторната сила на даден материјал во однос на платината обично се дефинира како

$$\alpha_{m, Pt} = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta E_{m, Pt}}{\Delta T}$$

каде што е $\Delta E_{m, Pt}$ прирастот на термоелектромоторната сила, а ΔT температурната разлика, за која настанал тој прираст. Многу податоци за коефициентот на термоелектромоторната сила за различни метали и легури се добиени посредно од извршените мерења на термоелектромоторната сила во однос на некоја срамнувачка електрода во зависност од температурата на топлиот спој при што ладниот се држи на 0°C . Со графичко претставување на зависноста на термоелектромоторната сила од температурата на топлиот спој и со геометриско диференцирање се определува бараниот коефициент.¹ Овој начин на определување на коефициентот е подложен на грешки поради можната нехомогеност на испитуваниот образец, малата точност на методата на геометриско диференцирање и случајните субјективни грешки при мерењето. Овој начин на определување на коефициентот не може да се примени кога се има на располагање мал образец. Во литературата е позната методата на Курнаков, со која се елиминираат недостатоците на методата на геометриско диференцирање)^{2, 3}.

На сл. 1 е претставена принципиелна шема за мерење на коефициентот на термоелектромоторната сила со помош на прирометарот на Курнаков. На краиштата од испитуваниот образец се монтирани два термоелемента Pt и $Pt-Rh$, чии краишта се држат на 0°C . Едниот крај од образецот се наоѓа

на температура T_1 , а другиот на температура T_2 , повисока за $5-8^\circ\text{C}$ од T_1 . Огледалните галванометри 1, 2, и 3 се споени така што отклонот на галванометарот 1 е пропорционален на термоелектромоторната сила на термоелементот, Pt , $Pt-Rh$, чии споеви се наоѓаат на температура T_2 и 0°C . Отклонот на галванометарот 2 е пропорционален на термоелектромоторната сила на термоелементот Pt и испитуваниот образец, чии краишта се наоѓаат на температури T_1 и T_2 . Отклонот на галванометарот 3 е пропорционален на термо-



Сл. 1. Шематски приказ на пирометарот на Куранков

електромоторната сила на образецот спрема $Pt-Rh$, при температури T_1 и T_2 на неговите краишта. Отклоните на галванометрите се регистрираат на една фотографска харџија, која се движи со константна брзина. На тој начин се добиваат три криви, од чии ординати може да се определи коефициентот на термоелектромоторна сила, соодветната температурна разлика $T_2 - T_1$ и температурата на топлиот спој T_2 . Обично вредноста на отпорите R_1 , R_2 и R_3 се избира така што осетливоста на галванометрите да е иста. Во тој случај коефициентот на термоелектромоторна сила се пресметува според формулата

$$\alpha_{M,Pt} = \frac{X_1}{X_2 - X_1} \alpha_{Pt,Pt-Rh}$$

каде што е $\alpha_{Pt,Pt-Rh}$ коефициентот на термоелектромоторна сила на Pt спрема $Pt-Rh$, x_1 -отклон на галванометарот 1, а x_2 -отклон на галванометарот 2.

Предложената метода се базира на истиот принцип како и методата на Курнаков. Мерењата со неа се изведуваат брзо и точно. Резултатите не зависат од големината и формата на испитуваниот образец, па поради тоа е погодна за мерење на коефициен на легури, од кои многу тешко се добиваат обрасци со голема должина и правилна форма.

Опис на апаратурата

За да може да се примени предложената метода, потребни се следните инструменти:

- два автокомпензациони појачувачи на постојана струја Φ 359,
- регистрационен двокординатен милиамперметар H 359,
- електромеханички претклопник,
- два термоелемента, Pt , $Pt-Rh$,
- електрична печка.

Блок шемата на методата е дадена на сл. 2.

На автокомпензаторот за X -оска се донесува средната термоелектромоторна сила од двата термоелемента, чии ладни краишта се наоѓаат на $0^\circ C$, а топлиите на T_1 и T_2 соодветно. (Сл. 3).

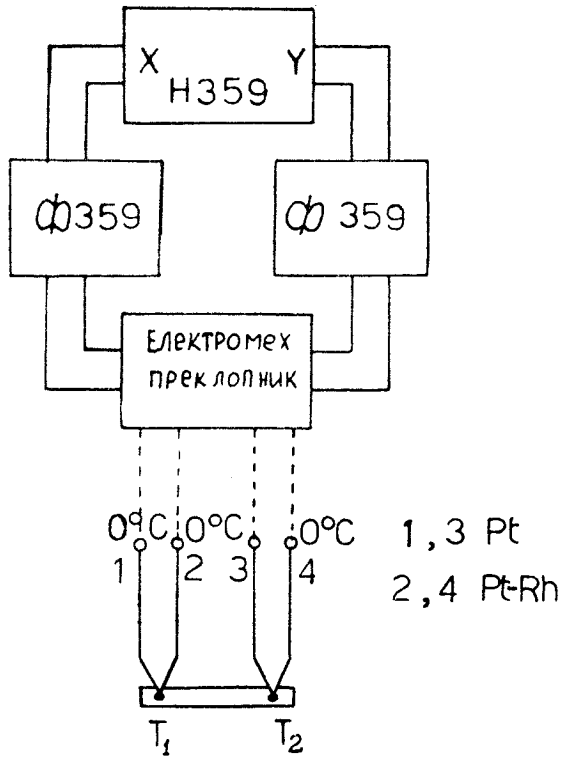
Еден електромеханички преклопник, што беше направен за таа цел, наизменично ги спојува краиштата 1, 3 и 2, 4 со автокомпензаторот за Y -оска, со период на престојување од 4 секунди (Сл. 4).

Кога на автокомпензаторот за Y -оска се споени краиштата 1, 3, на Y -оска се опишува термоелектромоторната сила на образецот во спој со Pt , при температура на споевите T_1 и T_2 . Во следниот момент, кога се вклучуваат краиштата 2, 4, на Y -оската се опишува термоелектромоторната сила на образецот во спој со $Pt-Rh$ при истите температури на споевите. Со постепено наголемување на температурите T_1 и T_2 регистраторот опишува периодичка крива, на која едните амплитуди одговараат на напонот мерен помеѓу точките 1, 3 ($E_{1,3}$) а другите на напонот мерен помеѓу точките 2, 4 ($E_{2,4}$). Со спојување на соодветните максимуми се добиваат две криви, кои ја даваат зависноста на термо-напоните $E_{1,3}$ и $E_{2,4}$ од средната температура.

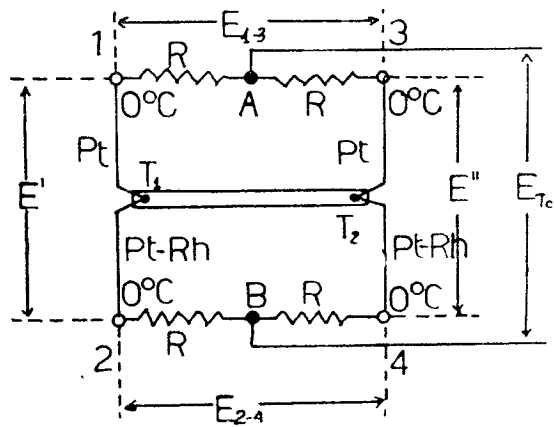
Од ординатите на двете криви може да се пресмета коефициентот на термоелектромоторната сила на испитуваниот образец за било која средна температура.

Постапка при мерењето

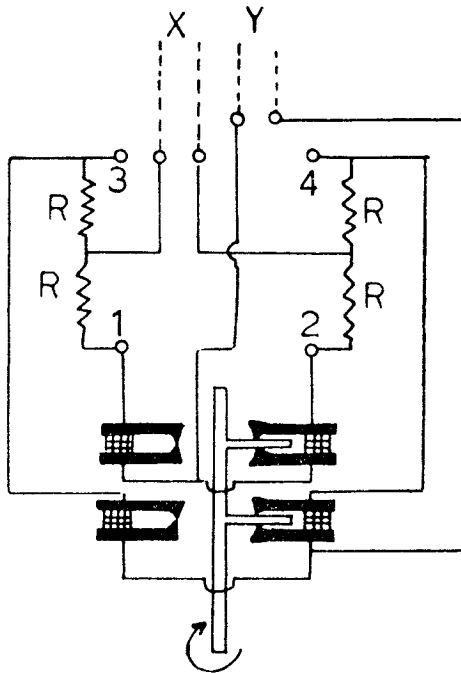
Се зема образец со должина 1—2 см. и на неговите краишта прицврстуваат главите на двата термоелемента. Прицврстувањето може да се изведе, зависно од особините на образецот, со точкесто заварување, со залемување или со механичко прицврстување во направените зарез и на краиштата од образецот. Другите четири краишта од термоелементите се спојуваат со бакарни жици и споевите се држат во четири одделни садови со мраз и вода. Четирите краишта од термоелементите се водат на спојките, 1, 2, 3, и 4 на електромеханичкиот преклопник. Од него два споја водат на автокомпензаторот за X -оска, а другите



Сл. 2

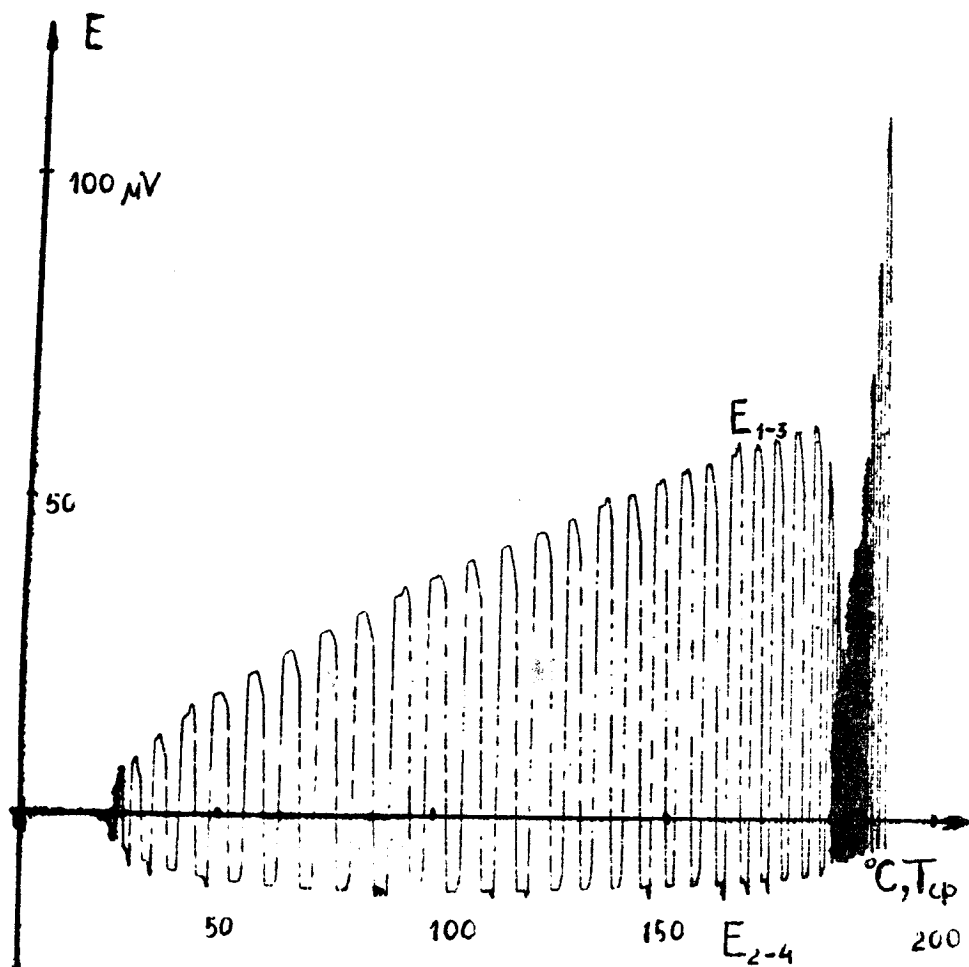


Сл. 3. Шематски приказ на образецот во спој со термоелементите и отпорите за добивање на средна вредност на термонапоните E_{13} и E_{24} .

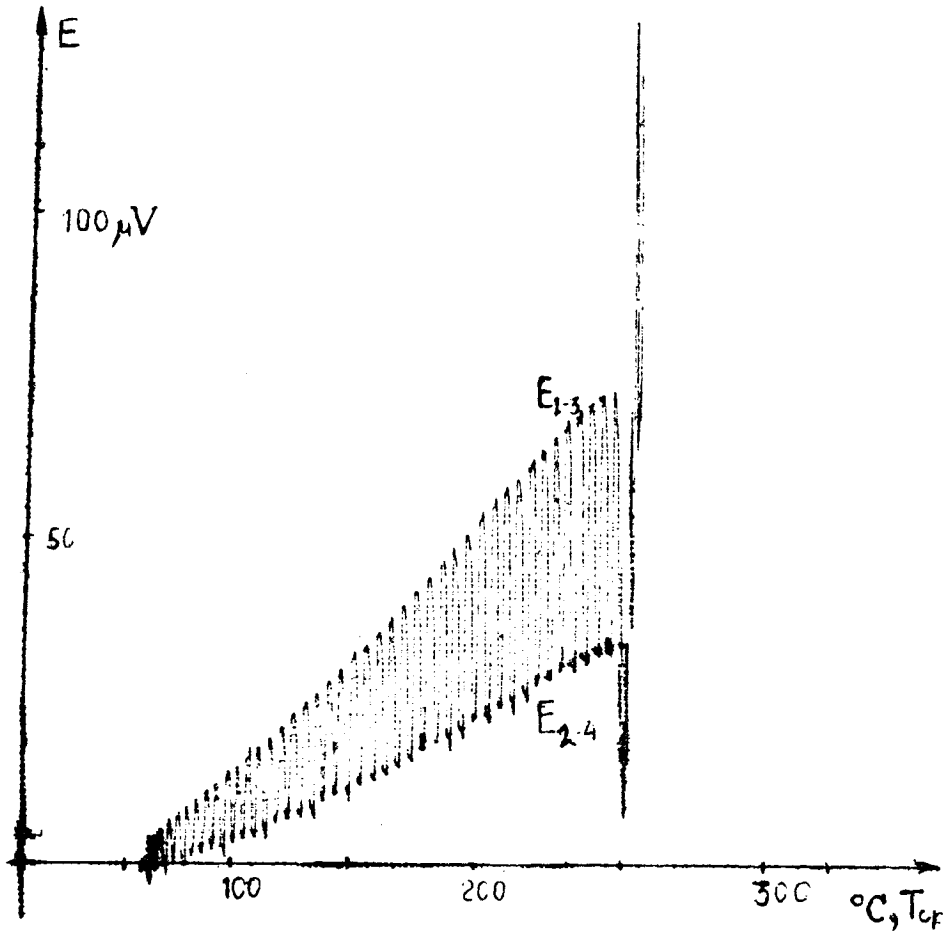


Сл. 4 Шематски приказ на електромеханичкиот преклопник

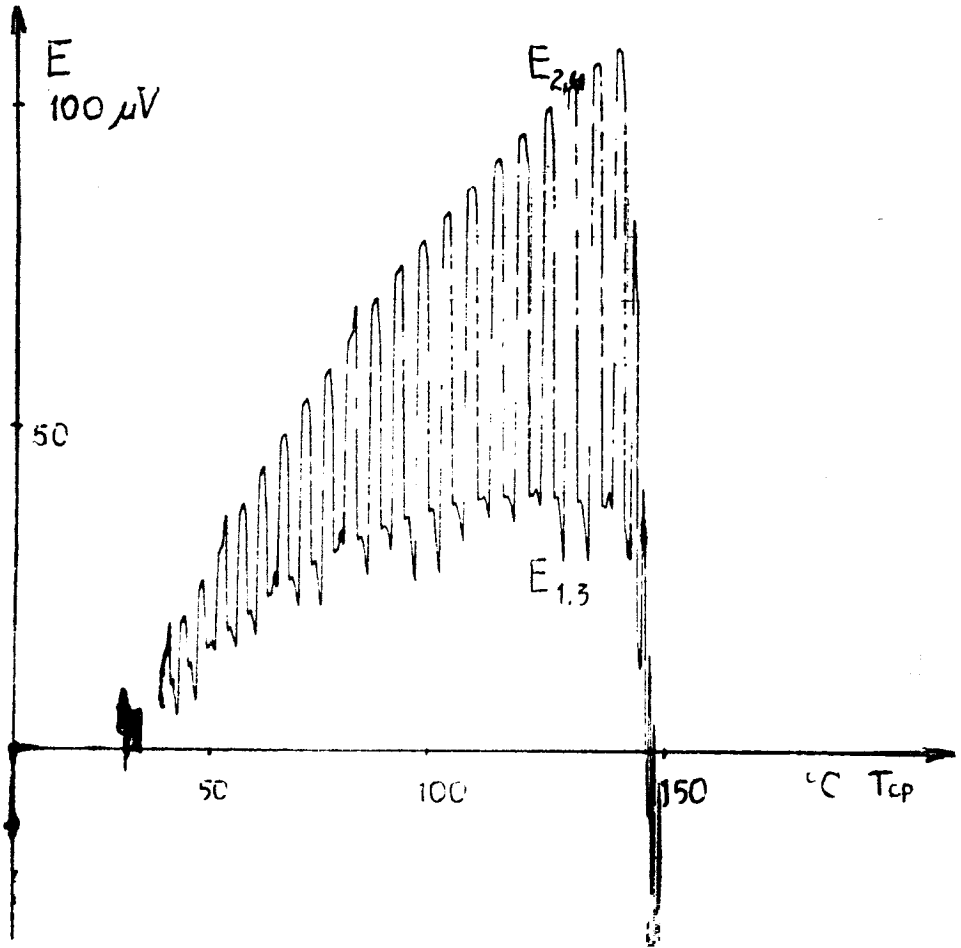
два на автокомпензаторот за Y -оска. Се вклучуваат автокомпензаторите и по 30 минути се дотеруваат нулите и се избираат работни подрачја, во зависност од големината на термонапоните и температурата, до која треба да се врши мерењето. Се наместува милиметарската хартија на подвижниот барабан на регистраторот и на неа се повлекуваат координатни оски X - Y . Се става образецот во електрична печка на она место каде што градиентот е најпогоден и се пушта во работа електромеханичкиот преклопник. Тој е направен така што може да се види, во текот на мерењето, која од амплитудите одговара на термонапонот спрема Pt , а која спрема $Pt-Rh$. На сликите 5, 6 и 7 се дадени графичони, добиени со помош на оваа метода.



Сл. 5. Графикон на зависноста на $E_{1,3}$ и $E_{2,4}$ од средната температура на образец од легура 80% Sn, —20% Pb.



Сл. 6. Графикон на зависноста на $E_{1,3}$ и $E_{2,4}$ од средната температура на образец од легура на 40%*Sb*—60%*Cd*.



Сл. 7. Графикон на зависноста на $E_{1,3}$ и $E_{2,4}$ од средната температура на образец од легура на $30\%Bi-70\%Cd$.

Образложение на методата

Термоелектромоторната сила на термоелементот $Pt-Pt-Rh$ во општ случај е дадена како функција од температурата

$$E = F(T)$$

чни вредности можат да се земат од таблица. Вредноста на термоелектромоторната сила помеѓу споевите 1 и 2 ќе биде.

$$E' = F(T_1)$$

додека помеѓу спојките 3 и 4 ќе биде

$$E'' = F(T_2).$$

Во случај кога температурата T_2 е блиска до T_1 , E'' може да се развие во ред и од него да се земат првите два члена, т. е.

$$E'' = F(T_1) + dF/dT \cdot \Delta T$$

каде што е $\Delta T = T_2 - T_1$ а $dF/dT = \alpha_{Pt, Pt-Rh}$.
Средната вредност на E' и E'' е

$$\frac{E' + E''}{2} = F(T_1) + dF/dT \cdot \frac{\Delta T}{2}$$

$$\frac{E' + E''}{2} = F(T_1 + \Delta T/2).$$

На овој начин, со мерење на средната термоелектромоторна сила од таблица може да се определи средната температура на образецот. Бидејќи автокомпензаторите имаат бесконачен влезен отпор, напонот мерен помеѓу точките A и B ќе биде еднаков на средната вредност од E' и E'' . Тој напон, претходно појачан од автокомпензаторот, се донесува на X -оската на регистраторот, така што таа може да биде баждана во средна температура на образецот. Напонот меѓу точките 1 и 3 е даден со

$$E_{1,3} = \alpha_{M, Pt} \Delta T \cdot \frac{2R}{2R + R_1} \quad (1)$$

каде што е R_1 отпор на образецот, платината и контактите, а R отпорници од 1000 ома, споени во преклопникот помеѓу точките 1, 3 и 2, 4. Тие служат за добивање на средна вредност на напоните E' и E'' . На ист начин може да се напише за напонот помеѓу точките 2, 4., т. е.

$$E_{2,4} = \alpha_{M, Pt-Rh} \Delta T \frac{2R}{2R + R_1} \quad (2)$$

Со одземање на равенките (1) и (2) се добива

$$E_{2,4} - E_{1,3} = \frac{2R}{2R + R_1} \alpha_{Pt, Pt-Rh} \Delta T$$

од каде што се добива за температурната разлика

$$\Delta T = \frac{E_{2,4} - E_{1,3}}{\alpha_{Pt, Pt-Rh}} \cdot \frac{2R + R_1}{2R} \quad (3)$$

Со замена на (3) во (1) за коефициентот на образецот во однос на Pt се добива

$$\alpha_{M, Pt} = \frac{E_{1,3}}{E_{2,4} - E_{1,3}} \alpha_{Pt, Pt-Rh} \quad (4)$$

На снимениот графикон за секој 10 или 20 степени (по желба) на X -оската се врши означување на средната температура на образецот и за неа се прочитуваат вредностите за $E_{1,3}$ и $E_{2,4}$ од соодветните екстраполирани криви. Потоа се врши пресметување на коефициентот на термоелектромоторната сила на испитуваниот образец за соодветната температура со помош на формулата (4). Апсолутниот коефициент на термоелектромоторната сила на образецот може да се добие од равенката на Thomson—Nernst, каде што е α_M апсолутниот коефициент на образецот, а α_{Pt} апсолутниот коефициент на Pt .

Предности на методата

Примената на оваа метода во голема мера ги поедноставува мерењата и ги упростува пресметувањата на коефициентот. Посебно е погодна за мерење на коефициентот кога испитуваниот образец има мали термоелектромоторни сили спрема Pt и $Pt-Rh$. Бидејќи компензаторите имаат подрачја од 0,15 mV/15 см до 150 mV/15 см и можност за поместување на подрачјата за 50%, 100% 450%. Можно е за било која температура да се снимат графиконите со максимална осетливост со што се сведува погрешката на најмала можна вредност. Бидејќи снимањето на кривите може да се следи визуелно, можно е во текот на мерењето да се намали осетливоста или да се помести скалата. Тоа е потребно кога во текот на снимањето вредностите на термоелектромоторните сили ќе станат поголеми од вредноста на подрачјето. Во таков случај, ако знаците на двете електро моторни сили се исти, се врши поместување на скалата за 50% или 100%. Поместување на скалата може да се изврши и на X автокомпензаторот во случај кога се бара поточно определување на температурата во некој температурен интервал. Кога двете термоелектромоторни сили се со спротивен знак, а нивните вредности ја поминуваат вредноста на подрачјето, поместување на скалата не е можно, па затоа во тој случај се префрла компензаторот на понеосетливо подрачје.

Друга предност на оваа метода е таа што на X оската е нанесена средната температура, а не температурата на еден од споевите. X оската може да служи и како временска оска, бидејќи периодот на преспојувањето е константен, а преспојувањето на круговите се забележува на милиметарска хартија со вертикални линии. Поради тоа, на нацртаниот графикон може да се следи брзината на загревањето на образецот. Евентуалните фазни промени што настануваат со загревање на образецот, а се манифестирани со промена на коефициентот на топлоспороводноста или промена на специфичната топлина, на графиконот се индицираат со промена на брзината на греењето и промена на вредностите на термоелектромоторните сили. При евентуален премин може коефициентот на термоелектромоторната сила да не се менува, а ако

коефициентот на топлоспоровдноста се промени, ќе се промени и температурната разлика, што ќе има за последица намалување на вредноста на термоелектромоторните сили.

Знакот на коефициентот на термоелектромоторната сила на образецот е определен со знакот на односот

$$\frac{E_{1,3}}{E_{2,4} - E_{1,3}}$$

Бидејќи големините на $E_{1,3}$ и $E_{2,4}$ се мерат со ист инструмент, не е потребно да се води сметка за тоа дали знаците на $E_{1,3}$ и $E_{2,4}$ се определуваат во однос на топлиот или ладниот спој.

Кога $E_{1,3}$ и $E_{2,4}$ се со спротивни знаци, коефициентот ќе биде позитивен, а неговата вредност ќе се наоѓа помеѓу 0 и коефициентот на Pt (сл. 5).

Кога $E_{1,3}$ и $E_{2,4}$ се со исти знаци, коефициентот ќе биде позитивен кога $E_{1,3}$ е поголемо од $E_{2,4}$ (Сл. 6), а негатвен кога е $E_{1,3}$ помало од $E_{2,4}$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] I Weinberg, Phys. Rev., 157 (564) 1967.
 [2]. А. А. Рудницкий, Термоелектрические свойства благородных металлов и их сплавов—Москва, 1956, стр. 28, 30.
 [3]. С. N. Berlung and R. C. Beairsto, Rev. Sci Instr. Vol. 38/66/1967.

М. Рисџов и Л. Пејковски

ОДИН МЕТОД ДЛЈА ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФИЦИЕНТА ТЕРМОЭЛЕКТРО-ДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ (ТЭС)

Резюме

В данной работе описан метод для быстрого и точного определения коэффициента ТЭС металлов и сплавов в различных температурных областях.

Этот метод основывается на принципах известного метода Курнакова. Концы исследуемого образца поддерживаются при температурах T_1 и T_2 (рис. 3). К концам образца монтируются две термопары Pt и PtRh, свободные концы которых спаиваются с медными проводами и спаи поддерживаются при 0°C. Отводы медных проводов присоединяются к четырем клеммам, электромеханического переключателя (рис. 4) специально сконструированного для этой цели. Электромеханический переключатель выполняет два действия:

1. усредняет напряжения E' и E'' (рис. 3), среднее значение которых отвечает средней температуре образцов. Среднее значение напряжений E' и E'' поддается на автокомпенсаторе по X-оси,

2. соединяет попеременно клеммы 1—3 и 2—4 (рис. 3) термопар со входом автокомпенсатора Φ 359 по У-оси.

Оба автокомпенсатора присоединяется к соответствующим входом Х—У самопишущего двух координатного миллиамперметра постоянного тока Н 359.

С постепенным нагреванием образца и с поддерживанием определенной разности температур на его концах, на миллиметровой бумаге регистратора вычерчивается крива (рис. 5, 6, 7) на которой одна из амплитуд отвечает ТЭС образца относительно Pt ($E_{1,3}$), а другая относительно $PtRh$ ($E_{2,4}$) (рис. 5, 6, 7). Из значений $E_{1,3}$ и $E_{2,4}$ вычисляется коэффициент ТЭС по формуле (4) Этот метод показал себя пригодным для определения коэффициента ТЭС сплавов в случае когда трудно получить однородные длинные образцы.