

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**Лабораторная работа по курсу
«Физические свойства металлов»**

Электронное методическое пособие

САМАРА

2011

Составители: **Воронин Сергей Васильевич,**
Юшин Валентин Дмитриевич,
Бунова Галина Захаровна

Лабораторная работа по курсу «Физические свойства металлов» [Электронный ресурс] : электрон. метод. пособие / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); сост. С. В. Воронин, В. Д. Юшин, Г. З. Бунова. - Электрон. текстовые и граф. дан.(0,27 Мбайт). - Самара, 2011. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Лабораторная работа «Уточненное определение удельного электросопротивления металлов бесконтактным способом» позволяет студенту освоить бесконтактный метод определения физического свойства диа- и парамагнитных материалов, металлов и сплавов – удельного электросопротивления, установить зависимость между структурой материала и его физическими свойствами, исследовать кинетику процесса старения дуралюминов. Определить оптимальные стадии старения для сплава Д16.

Учебное методическое пособие предназначено для студентов инженерно-технологического факультета по направлению подготовки бакалавров 150400.62 «Металлургия» по профилю «Обработка металлов давлением», 7 семестр и бакалавров по направлению 150700.62 «Машиностроение» по профилю «Машины и технология обработки металлов давлением», 7 семестр в рамках дисциплины «Физические свойства металлов».

Учебное методическое пособие разработано на кафедре технологии металлов и авиационного материаловедения.

©Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2011

УТОЧНЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ БЕСКОНТАКТНЫМ МЕТОДОМ

Цель работы: освоение бесконтактного метода измерения удельного электросопротивления диа- и парамагнитных материалов, установить зависимость между структурой материала и его физическими свойствами, исследовать кинетику процесса старения дуралюминов. Определить оптимальные стадии старения для сплава Д16.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

В основу экспериментального изучения электрических свойств металлов и сплавов положен закон Ома. Для каждого материала величина, характеризующая электрические свойства, является константой, не зависящей от его геометрической формы и размеров. Эта физическая величина называется удельным электросопротивлением и равна сопротивлению цилиндрического проводника единичной длины и единичной площади сечения:

$$\rho = \frac{RS}{l},$$

где R – электрическое сопротивление материала; S – площадь поперечного сечения; l – длина образца. В зависимости от исходных величин удельное сопротивление имеет размерность Ом·мм²/м; мкОм·мм²/м.

Существование у реальных металлов электрического сопротивления – результат нарушения периодичности кристаллической решетки. Эти нарушения связаны как с тепловым движением атомов, так и с дефектами решетки. Сопротивление сплавов зависит от их компонентов и образующихся структур. Так как электросопротивление является структурно-чувствительной характеристикой, то по его изменению можно судить о деформационных и фазовых превращениях. Для измерения величины электросопротивления используют различные методы.

Наиболее распространенными являются контактные методы, в которых исследуемый образец подсоединяется к зажимам измерительного прибора непосредственно или с помощью калиброванных проводов. Сопротивление контактов и калиброванных проводов должно быть значительно меньше, чем у образца (чаще всего такое требование ограничивает применение контактных способов).

Самый простой это метод амперметра и вольтметра, когда по падению напряжения на образце и току определяют его сопротивление по закону Ома. Этот метод в металловедении не применяется из-за низкой точности.

Более высокой точностью и широким диапазоном измеряемой величины характеризуются мостовые, компенсационные методы, но они применимы не для всех материалов.

Бесконтактные методы измерения электросопротивления целесообразны в тех случаях, когда сопротивление контактов соизмеримо с сопротивлением самого образца и когда невозможно осуществить надежный контакт.

В такой области металловедения, как порошковая металлургия, контактные методы измерения электросопротивления порой бывают неприемлемыми. Это касается металлического порошка в состоянии свободной насыпки, а также спрессованных при низком давлении брикетов, не обладающих достаточной прочностью для осуществления надежного контакта.

Выпускаемые отечественной промышленностью приборы для бесконтактного измерения электросопротивления с помощью вихревых токов [2] применимы для образцов цилиндрической формы с большим отношением диаметра к высоте и узким интервалом определяемых величин. На этих приборах нельзя измерять электросопротивление кольцевых образцов, широко распространенных в практике испытаний обширного комплекса физико-механических свойств порошковых материалов. Поэтому измерения в данной лабораторной работе проводятся на специальной установке, созданной в Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С. П. Королева, для бесконтактного измерения электросопротивления кольцевых образцов.

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ И ПРИНЦИП ЕЕ РАБОТЫ

Схема используемой установки представлена на рисунке 1. В основе бесконтактного метода измерений используются как электрические, так и магнитные свойства материалов.

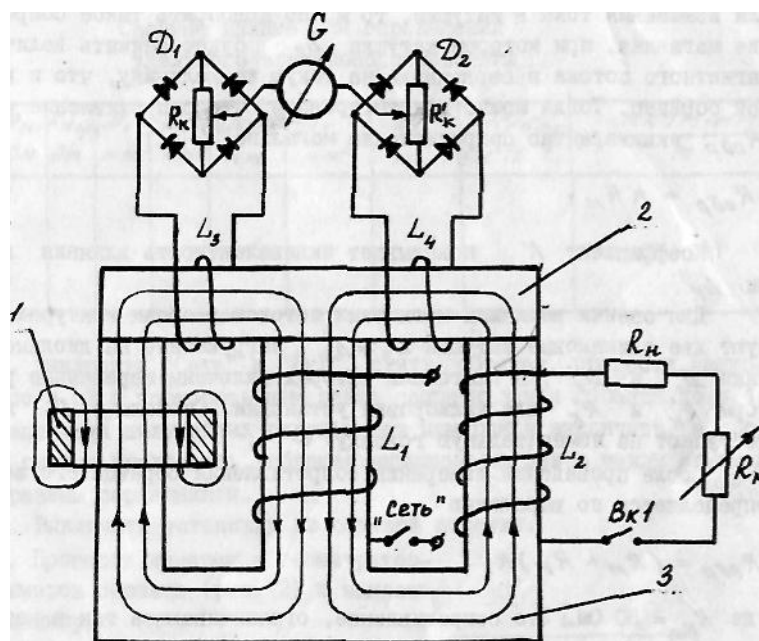


Рис. 1. Схема установки для измерения электросопротивления бесконтактным методом

На Ш-образный магнитопровод 3 со съемным ярмом 2 намотана катушка L_1 для создания магнитного потока. Ее включение осуществляется тумблером «Сеть». Так как сечение сердечника одинаково, то создаваемый катушкой магнитный поток будет делиться пополам.

Если в один из магнитных потоков поместить кольцевой образец 1, то в нем будет индуцироваться ток, величина которого определяется электросопротивлением материала. Вокруг проводника (кольца) будет образовываться свое магнитное поле, направленное навстречу основному, что приведет к уменьшению магнитного потока. Величина этого уменьшения будет определяться током в кольце, т.е. его сопротивлением. Следовательно, оценив изменение магнитного потока, можно дать оценку сопротивлению кольца. Если во второй магнитный поток поместить катушку L_2 , нагруженную на магазин сопротивлений R_M для изменения тока в катушке, то можно подобрать такое сопротивление магазина, при котором катушка L_2 будет снижать величину магнитного потока в сердечнике на такую же величину, что и кольцевой образец. Тогда можно констатировать, что сопротивление образца $R_{обр}$ эквивалентно сопротивлению магазина.

$$R_{обр} = KR_M.$$

Коэффициент K показывает эквивалентность влияния катушки L_2 .

Для оценки величины магнитных потоков в обоих контурах используют две одинаковые катушки $L_3=L_4$, нагруженные на диодные мосты D_1 и D_2 , в диагонали которых включены переменные резисторы R_k' и R_k' для калибровки установки. Сигналы с D_1 и D_2 поступают на измерительную головку G . В качестве измерительной головки G используется миллиамперметр. Дополнительно к миллиамперметру подключен микроамперметр, который позволяет оценивать изменение сопротивления в два раза точнее. Подобная доработка прибора позволяет не только с большей точностью оценивать сопротивление образца, но и отслеживать фазовые превращения в структуре металлов и сплавов.

После проведения измерения сопротивления образца его величина определяется по выражению

$$R_{обр} = (R_M + R_H)K,$$

где $R_H = 50$ Ом. Это сопротивление, ограничивающее ток в катушке L_2 при $R_M=0$ (короткое замыкание); $K = 10^{-6}$ для катушки, содержащей 1000 витков.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Проверить правильность соединений узлов согласно рис. 1, установить тумблеры в состояние «Выкл», а декады магазина сопротивлений на «0».

2. Включить прибор в сетевую розетку.

3. Включить тумблер «Сеть» и произвести калибровку прибора резисторами R_k и R_k' «Грубо» и «Точно», установив «0» на измерительной головке G.

4. Выключить тумблер «Сеть» и установить кольцевой образец, приподняв ярмо 2. Проверить отсутствие зазора между Ш-образным сердечником и ярмом. Включить тумблеры «Сеть» и «Вк1», при этом стрелка G резко отклонится в сторону; изменяя сопротивление R_m , установить ее на «0», уравнивая тем самым магнитные потоки в сердечнике, в результате чего $R_{обр} = R_m$.

5. Переключиться тумблером на миллиамперметр, дополнительно изменяя сопротивление R_m , установить стрелку миллиамперметра на «0» и записать уточненное значение сопротивления в таблицу.

Сводные данные для определения удельного электросопротивления

№ образца	R_m , Ом	$R_{мсп}$, Ом	l , мм	l_0 , мм	h , мм	S , мм ²	l , мм	R_0 бр., Ом·10 ⁻⁶	ρ , мкОм·мм ² /м
1									
2									
3									

6. Выключить «Сеть» и «Вк1», снять образец, провести калибровку по п. 3 и повторить измерение сопротивления образца по п.4. При совпадении полученных результатов измерения закончить, в противном случае продолжить, обращая внимание на зазор между ярмом и Ш-образным сердечником.

7. Выключить установку из сетевой розетки.

8. Провести измерение геометрических размеров образца (рис. 2) и занести их в таблицу.

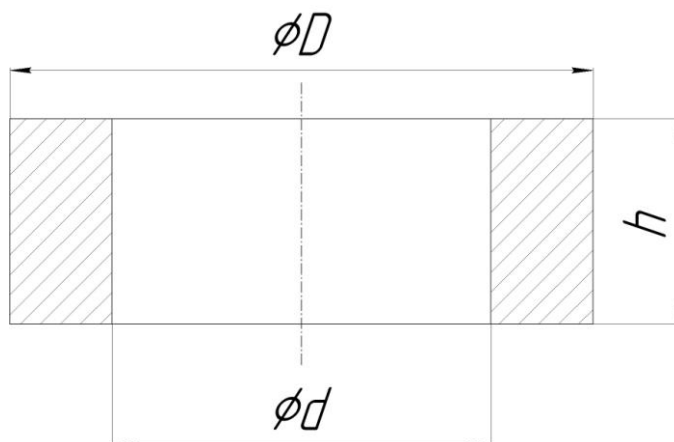


Рис. 2. Размеры образца, необходимые для расчета удельного электросопротивления

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Схема установки для бесконтактного измерения электросопротивления кольцевых образцов.
3. Результаты измерений свести в таблицу.
4. Определить площадь поперечного сечения образца по выражению

$$S = [(D-d)/2]h,$$

а длину образца по формуле:

$$l = [(D+d)/2]\pi$$

5. Определить удельное сопротивление образца по выражению:

$$\rho = \frac{RS}{l}.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Изобразить графически зависимости удельного электросопротивления от состава сплавов для следующих двойных систем:
 - а) с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии;
 - б) с отсутствием растворимости;
 - в) с ограниченной растворимостью в твердом состоянии.
2. Объяснить более высокий уровень удельного электросопротивления в твердых растворах на основе переходных металлов по сравнению с системой из непереходных.
3. Из температурной зависимости удельного электросопротивления металлов объяснить возможность создания сверхпроводящих материалов.
4. Значение методов измерения электросопротивления в материаловедении.
5. Достоинства и недостатки контактных методов измерения электросопротивления.
6. Особенности бесконтактных методов.
7. Почему нельзя измерять электросопротивление железа и многих сталей на применяемой в данной работе установке для кольцевых образцов?
8. Объяснить рост величины электросопротивления с увеличением пористости и наклепа материала.
9. Как будет работать установка, если ярмо изготовить из алюминия?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лившиц Б.Г., Крапошин, В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1980. С. 133-203.
2. Дорофеев А.А. Неразрушающие испытания методом вихревых потоков. М.: Оборонгиз, 1961.