

### Список литературы

1. Коротеев, А.О. Исследование процесса и определение параметров контактной точечной сварки сталей с цинковыми покрытиями. Материалы 45-й студенческой научно-технической конференции. Могилев, 2009 г. с. 102-104.
2. Коротеев, А.О. Об условиях формирования точечных соединений оцинкованных сталей с сохранением покрытия. Материалы 46-й студенческой научно-технической конференции. Могилев, 2010. с. 98-101.
3. Емельянов, С.Н. Точечная сварка с использованием медной фольги для сохранения цинкового покрытия / С.Н. Емельянов, В.П. Березиненко, А.О. Коротеев // Вестник Белорусско-Российского университета, Могилев, 2009, – №4(25), – С.76-79.
4. Хольм, Р. Электрические контакты / Р. Хольм.- М.: Из-во Иностранной литературы, 1961.- 464с.
5. Gedeon, S.A Resistance spot welding of galvanized steel. Part I. Material variations and process modifications/ Gedeon S.A., Eagar T.W. // Metallurgical translation , volume 17b, december 1986, с.879-885. Реферативный журнал «Сварка» №2.- 1988.– реферат 2.63.398
6. Gedeon, S.A. Resistance spot welding of galvanized steel. Part II. Mechanismus of spot weld nugget formation / Gedeon S.A., Eagar T.W. // Metallurgical translation , volume 17b, december 1986, с.887-901. Реферативный журнал «Сварка» №3.- 1988.– реферат 3.63.472
7. Гуляев, А.И. Технология точечной и рельефной сварки сталей в массовом производстве / А.И. Гуляев. – М.: Машиностроение, 1978. – 246 с.: ил.
8. Технология и оборудование контактной сварки: учеб. для маш. вузов / Б.Д. Орлов [и др.]: под общ. ред. Б.Д. Орлова. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.: ил.

УДК 661.882

### ОСОБЕННОСТИ НАВЕДЕНИЯ ЭДС В СПЛАВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА

Буркина О.А.<sup>1</sup>, Рубяник В.В.<sup>1,2</sup>, Рубяник В.В. мл.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск

<sup>2</sup> УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск

Классические термоэлектрические явления на границе раздела между различными металлами являются объектом пристального внимания в течение длительного времени. Это связано с тем, что они находят широкое практическое применение в различных областях техники. Наряду с классическими термоэлектрическими явлениями, такими как эффекты Пельтье, Зеебека, Томпсона, возможны и термоэлектрические явления, наблюдаемые в однородных металлических образцах. К таким, например, относится возникновение устойчивой во времени электродвижущей силы при локальном нагреве неоднородно деформированного металла [1], возникновение ЭДС при нестационарном нагревании однородного металлического участка разомкнутой электрической цепи, вызванной движением границы раздела фаз в материале, названной термокинетической [2]. Важностью исследования поведения термоЭДС в металлах, связана с тем, что она обладает уникальным свойством: реагирует на возмущения решеткой вблизи дефекта не только величиной, но и знаком эффекта, при этом несет информацию не только о рассеивающей способности дефекта, но и о механизме рассеяния. Кроме того, термоЭДС проявляет достаточно высокую чувствительность и к упругим напряжениям. Это создает потенциальные возможности для использования термоЭДС в качестве инструмента для изучения и контроля структурных превращений в ходе различного

вида механической и термической обработки металлов.

### Методика измерений

Испытания проводили на разработанном измерительном комплексе (рисунок 1) включающем вольтметр, тепловизор, компьютер и нагревательное устройство. Конструкция позволяет бесконтактно нагревать небольшой участок проволочного образца (2), перемещая область нагрева по образцу со скоростью до 10 см/с. Источником нагрева служила термовоздушная станция с возможностью регулировки температуры потока воздуха, обдувающего участок образца. Температуру на поверхности образца контролировали тепловизором с точностью  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Измерение ЭДС проводили прямым способом цифровым вольтметром с точностью  $\pm 2\%$  и частотой записи и отображения данных на персональном компьютере 0,3 Гц.

В качестве объекта исследования выбран сплав титана и никеля с составом близким к эквиаtomному, который обладает эффектом памяти формы. Исследования проводили на образцах длиной 180 мм, диаметром 0,48 мм и 0,22 мм. Предварительно образцы подвергали отжигу при температуре  $500^\circ\text{C}$  или  $700^\circ\text{C}$  в течение получаса на воздухе с закалкой в воде. Для снятия поверхностного окисного слоя применяли химическое травление раствором  $\text{HF}+3\text{HNO}_3+6\text{H}_2\text{O}$ .

Характеристические температуры и кинетика мартенситных переходов определялись методом дифференциальной сканирующей калориметрии (рисунок 2). Анализ зависимости теплового потока от температуры образцов указывает, что в образцах прямой фазовый переход осуществляется по схеме  $\text{B2} \rightarrow \text{B19}'$  после отжига при температуре  $700^\circ\text{C}$  (рисунок 2, а) и по схеме  $\text{B2} \rightarrow \text{R} \rightarrow \text{B19}'$  после отжига при температуре  $500^\circ\text{C}$  (рисунок 2, б). Обратный фазовый переход идет по схеме  $\text{B19}' \rightarrow \text{B2}$ . Характеристические температуры окончания обратного фазового перехода составили:  $A_k = 90^\circ\text{C}$  для проволоки диаметром 0,48 мм и  $A_k = 87^\circ\text{C}$  для проволоки диаметром 0,22 мм после отжига при температуре  $700^\circ\text{C}$ ;  $A_k = 74^\circ\text{C}$  для проволоки диаметром 0,48 мм и  $A_k = 68^\circ\text{C}$  для проволоки диаметром 0,22 мм после отжига при температуре  $500^\circ\text{C}$ . При комнатной температуре материал находился в низкотемпературном мартенситном состоянии.

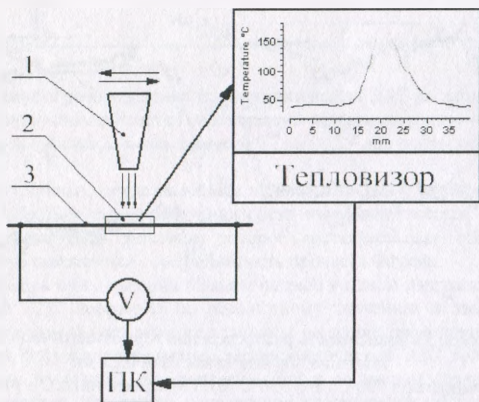


Рисунок 1 – Схема измерительного комплекса  
(1 - нагреватель, 2 - область нагрева, 3 - образец)

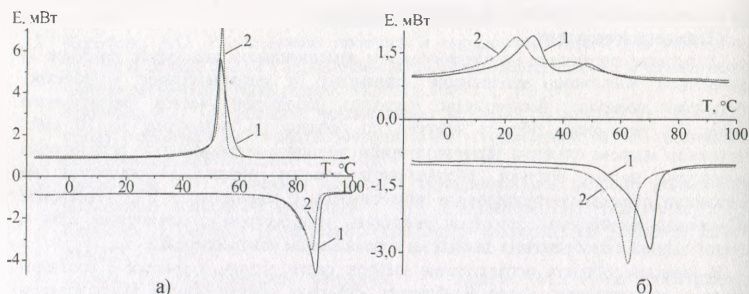


Рисунок 2 – Калориметрические кривые никелида титана после отжига при 700°C (а) и 500°C (б)

(1 - образец диаметром 0,48 мм, 2 - образец диаметром 0,22 мм)

### Результаты измерений и их обсуждение

В процессе измерения область нагрева перемещали вдоль образца сначала в одну сторону, а затем в другую, потом цикл измерений повторяли. Направление перемещения на рисунках указано стрелкой. Полученные зависимости величины термокинетической ЭДС от местоположения области нагрева в образцах никелида титана представлены на рисунках 3 и 4. Скорость перемещения составляла 0,3 см/с, максимальная температура в нагретой области 115°C, т.е. выше температуры окончания обратного фазового перехода.

Для образца диаметром 0,22 мм на рисунке 5 представлены зависимости распределения термокинетической ЭДС по длине образца при различных скоростях перемещения области нагрева: 0,4, 0,2 и 0,15 см/с.

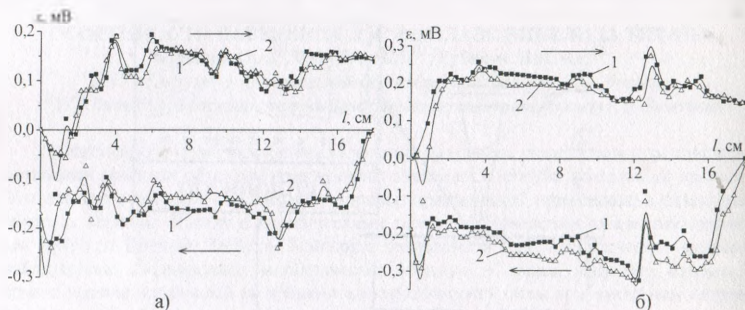


Рисунок 3 - Зависимость распределения термокинетической ЭДС по длине образца диаметром 0,22 мм (после отжига при 700°C (а) и 500°C (б): 1 – первый цикл, 2 – второй цикл)

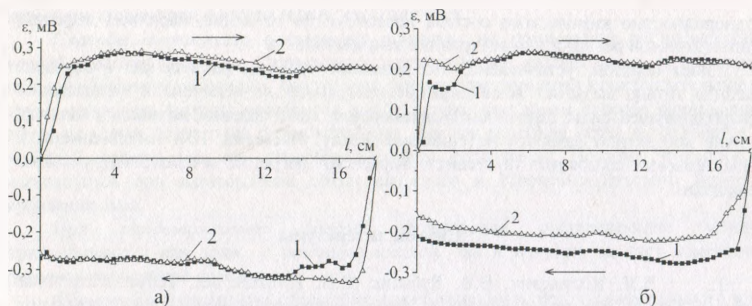


Рисунок 4 - Зависимость распределения термокинетической ЭДС по длине для образца диаметром 0,48 мм (после отжига при 700°C (а) и 500°C (б); 1 – первый цикл, 2 – второй цикл)

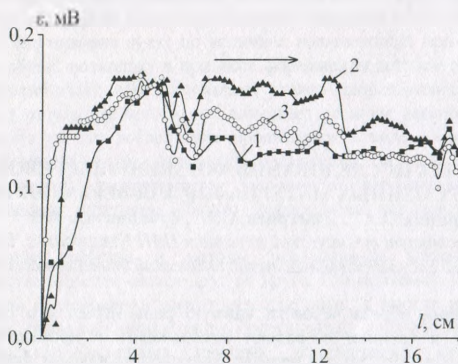


Рисунок 5 - Зависимости распределения термокинетической ЭДС по длине образца при различных скоростях перемещения области нагрева (1 – при скорости 0,4 см/с, 2 – при скорости 0,2 см/с, 2 – при скорости 0,15 см/с,)

Сравнивая вид кривых, представленных на рисунках 3 и 4, можно отметить, что для исследуемых образцов существует зона роста термокинетической ЭДС от 0 до некоторого установившегося значения, которое составляет для обоих образцов примерно 0,2 мВ, что связывается с инерционностью процесса нагрева.

Для всех образцов при движении области нагрева в одном направлении величина термокинетической ЭДС постоянна по абсолютному значению и знаку, при этом присутствуют небольшие флуктуации ее величины по длине проволоки. Для образца диаметром 0,22 мм флуктуации величины термокинетической ЭДС более выражены. При этом в каждом полуцикле, как в первом, так и во втором случаях они носят повторяющийся характер. Изменение направления перемещения области нагрева на противоположное меняет знак ЭДС.

Из графика, представленного на рисунке 5, следует, что величина термокинетической ЭДС незначительно зависит от скорости перемещения зоны нагрева в указанном интервале. При этом в каждом полуцикле опять присутствуют небольшие повторяющиеся флуктуации ее величины. По-видимому, это обусловлено

неоднородностью химического состава проволоки по ее длине, наличием дефектов кристаллической решетки или внутренних напряжений.

Таким образом, установлено, что движение границы раздела фаз в образцах никелида титана вызывает возникновение постоянной по величине и направлению электродвижущей силы. Причиной возникновения этого явления, возможно, является наличие контактной разности потенциалов между участками TiNi находящимися в разных фазовых состояниях (аустенит и мартенсит) нагретого и ненагретых участков проволоки.

### Список литературы

1. В.Л. Шушкевич, В.В. Рубаник, В.В. Рубаник мл. Термоэлектронные явления в TiNi // Сборник материалов XLIII международной конференции «Актуальные проблемы прочности». Витебск, 27 сент. - 1 окт. 2004 г.; в 2 ч. Витебск, 2004. Ч.1. С. 345-346.
2. Е.Ф. Фурмаков Электрический ток, вызванный движением поверхности раздела фаз в металле // Фундаментальные проблемы естествознания. Санкт-Петербург, 1999. Вып. 21. С. 377-378.

УДК 685.34.03

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМОВОЧНЫХ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЕРХА ОБУВИ

Буркина О.А.<sup>1</sup>, Дмитриев А.П.<sup>2</sup>, Рубаник мл. В.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск

<sup>2</sup> УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск

В формировании образа человека важную роль играет его одежда и обувь. Достижения науки и техники позволяют использовать в промышленности самые разные материалы и технологии при производстве одежды и обуви, формируя широкий ассортимент этих изделий. Чтобы удовлетворить потребности человека необходимо также производить качественную продукцию, т.е. такую одежду и обувь, которые бы обладали определенными полезными свойствами и сохраняли свои эксплуатационные показатели в течение определенного времени. Проблема качества выпускаемой продукции является одной из наиболее актуальных во всем мире. С ее решением связаны задачи повышения благосостояния общества, роста эффективности экономики, выхода отечественных производителей на внешний рынок и участие в международном разделении труда [1, 2].

Важнейшей характеристикой обуви является ее формоустойчивость, которая определяется формовочными свойствами используемых материалов. В процессе формования верха обуви необходимо придать плоской заготовке сложную пространственную форму колодки, обеспечив при этом достаточную формоустойчивость верха при носке и хранении обуви.

Все способы формования в зависимости от места приложения силы разделяют на внешний, внутренний и комбинированные способы.

Способы внешнего формования основаны на приложении растягивающих усилий извне. Стельку накладывают лицевой поверхностью на след колодки и прикрепляют, затем одевают увлажненную (из натуральных кож) или нагретую (из искусственных материалов) заготовку и производят обтяжку и затяжку заготовки, закрепляя затяжную