

Заметно различие между образцами по степени неоднородности и магнитной анизотропии.

Созданные устройства позволяют повысить эффективность, достоверность и повторяемость измерения магнитного шума при исследовании ФМС и УП стальных материалов на примере образцов стали 09Г2С, полученных с помощью аддитивных технологий.

Благодарности. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке совместного проекта БРФФИ и РФФИ, грант № Т20Р – 119.

Литература

1. Дресвянников, В. А. Аддитивные технологии как технологическая инновация: понятие, содержание,

анализ развития / В. А. Дресвянников, Е. П. Страхов // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2018. – № 1.

2. Сацкая, З. Экспансия аддитивных технологий в медицину / З. Сацкая // Аддитивные технологии – 2020. – № 4. – С. 6–8.

3. Особенности циклической усталостной прочности образцов, полученных селективным лазерным спеканием, из стали 09Г2С / В. Н. Бусько [и др.] // Неразрушающий контроль и техническая диагностика. – 2020. – № 4. – С. 16–25.

4. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов : ГОСТ 18353-79. – М., 1980. – 11 с.

5. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов (с измен.) : ГОСТ 25.502-79. – М., 1981. – 26 с.

УДК 621

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАНИЙ ТЕРМОПАРЫ ПРИ РАЗНЫХ ВЕЛИЧИНАХ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРМОЭЛЕКТРОДОВ

Владимиров М.Ю., Ключко Т.Р.

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
Киев, Украина*

Аннотация. Изложена методика и приведены результаты экспериментов по определению температуры медной ленты при прокатке с помощью естественной термопары. Приведена схема экспериментального оборудования.

Ключевые слова: температура, экспериментальная установка, естественная термопара, расчетная формула.

RESEARCH OF THE THERMOCOUPLE'S INDICATIONS AT VARIOUS VALUES OF THE THERMOELECTRODES' TEMPERATURE

Vladimirov M., Klotchko T.

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Kyiv, Ukraine*

Abstract. The technique is described and the results of experiments to determine the temperature of a copper strip during rolling using a natural thermocouple are presented. The diagram of the experimental equipment is shown.

Key words: temperature, experimental setup, natural thermocouple, calculation formula.

Введение. Для обеспечения оптимальных механических параметров цветных металлов при холодной прокатке является поддержание на определенном уровне температуры ленты. Анализ методов измерения температуры показывает, что наиболее целесообразным в этом случае является использование термопар, в частности естественных. При этом возможно, что величины температуры двух термоэлектродов оказываются разными, что недостаточно исследовано и представляет интерес для создания приборов контроля.

Экспериментальное оборудование, разработанное для проведения исследования. Методик экспериментов предусматривала определение термоэдс [1], возникающей в месте контакта двух термоэлектродов, медного и константанового, имеющих разную температуру, что можно наблюдать при холодной прокатке

медной ленты на прокатном стане и измерении температуры ленты с помощью естественной термопары, у которой одним электродом является сама лента [2], а второй выполнен из константана, например, в форме ролика. При этом необходимо учитывать, что воздушная среда в зоне контакта датчика и объекта содержит химические компоненты, влияющие на качество контакта [3, 4].

Для проведения экспериментов была сконструирована и изготовлена экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 1. Установка выполнена следующим образом. К корпусу 1 из текстолита болтами 16 прикреплен медный диск 6. Внутрь цилиндрической расточки корпуса 1 помещена вставка 3. С помощью шайбы 4 и винтов 15 к вставке крепится константановый термоэлектрод 5. Внутренняя полость

вставки 3 герметизируется с помощью фланца 2, к которому подпаиваются две медные трубки.

Вставка 3 прижимается к диску 6 с помощью пружины 10 и прижима 7. Корпус 1 цилиндрическим фланцем свободно устанавливается на крышку водяной бани 11.

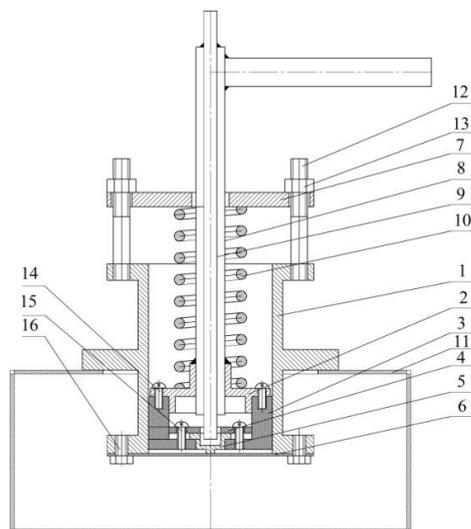


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Водяная баня, заполненная водой, вместе с корпусом в сборе, устанавливается на электрический нагреватель. Из бака с помощью центробежного насоса вода по патрубку подается к медной трубе 9 и по ней в полость вставки 3, откуда она отводится по трубе, расположенной concentрично с первой, в тот же бак.

При включении электрического нагревателя нагревается вода в водяной бане, а вместе с ней и медный диск 6, выполняющий функцию положительного термоэлектрода контактной термопары. Вторым термоэлектродом является константанный электрод 5, который охлаждается проточной водой. Этим достигается поддержание термоэлектродов при разных температурах.

В процессе проведения экспериментов измеряли следующие температуры:

- истинные температуры медного диска и константанового электрода;
- температуру, соответствующую показаниям контактной термопары.

Результаты экспериментов и их анализ. В связи с тем, что некоторые участки электрических цепей были общими для разных замеров, была применена следующая методика определения температур. Включался электронагреватель. Вода в водяной бане нагревалась, а вместе с ней и медный диск с вмонтированной термопарой. Включался насос, и прокачиваемая вода охлаждала константанный электрод. После этого включался секундомер, и через каждые 30 секунд последовательно записывались показания каждой из трех термопар.

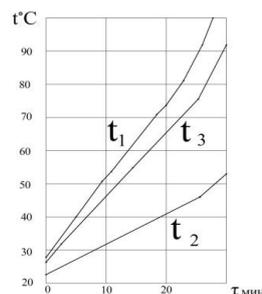


Рисунок 2 – Графики изменения показаний термопар во времени

На рис. 2. представлены графики изменения показаний термопар во времени, полученные при проведении одного из экспериментов, где t_1 – температура медного диска; t_2 – температура константанового электрода; t_3 – температура, соответствующая показаниям контактной термопары.

Обработка полученных результатов проводилась следующим образом. По построенным графикам определяли значения температур t_1 , t_2 и t_3 в одинаковые моменты времени.

Температура t_1 может быть выражена через t_2 и t_3 в виде

$$t_1 = t_3 + \frac{t_3 - t_2}{k}$$

Подсчитывали значение k при различных значениях t_1 .

Выводы. Обработка экспериментальных данных показала, что величина коэффициента k слабо зависит от температуры контролируемого объекта t_1 и колеблется около среднего значения $k = 2,7$.

Эксперименты дали следующие результаты:

- обнаружена связь между показаниями контактной термопары и температурами термоэлектродов;

- предложена формула для определения температуры контролируемого объекта по показаниям контактной термопары и температуре второго термоэлектрода;

- установлено, что значение коэффициента k в формуле (1) в широком диапазоне усилий прижатия термоэлектродов лежит в пределах от 2,7 до 3.

Перспективами дальнейших исследований могут быть автоматизированные устройства измерений в технологических процессах обработки металлов.

Литература

1. Відчутники контрольно-вимірювальних систем: монографія / Г. С. Тимчик [и др.] // К. : НТУУ «КПІ», 2008. – 240 с.
2. Большая Энциклопедия Нефти и Газа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ngpedia.ru/id510431p1.html>. – Дата доступа: 24.09.2021.
3. Skytsiouk, V. Specifics of influence of the chemical composition of abstract object's presence zone on accuracy of determination of surface's coordinates /

V. Skytsiouk, T. Klotchko, M. Bulyk // Bulletin KPI. Series Instrument Making. – 2019. – Vol. 57, № 1. – P. 62–71.

4. Скицюк, В. І. Визначення координати у явно-реальній поверхні межової панданної зони об'єкта /

В. І. Скицюк, Ключко, Т. Р. // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія: Приладобудування. – 2017. – Т. 53, № 1. – С.49–56.

УДК 621.383

ФОТОПРИЕМНИК С ПЕРЕКЛЮЧАЕМОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Воробей Р.И., Гусев О.К., Свистун А.И., Тявловский А.К., Тявловский К.Л., Шадурская Л.И.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Полупроводниковые приборные структуры с глубокой многозарядной примесью позволяют создавать фотоприемники для систем оптической диагностики с переключаемым видом спектральной характеристики чувствительности. Реализуемая спектральная характеристика чувствительности определяется заселенностью энергетических уровней многозарядной примеси. Набор спектральных характеристик, между которыми осуществляется переключение, определяется комбинацией материалов полупроводника и глубокой многозарядной примеси.

Ключевые слова: измерительный фотоприемник, полупроводник, многозарядная примесь, спектральная характеристика чувствительности, управление характеристикой чувствительности.

PHOTODETECTOR WITH THE SWITCHED CHARACTERISTIC OF SPECTRAL RESPONSE

Vorobey R., Gusev O., Svistun A., Tyavlovsky A., Tyavlovsky K., Shadurskaya L.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus*

Abstract. Semi-conductor structures with deep multicharge impurity allow to create photodetectors for systems of optical diagnostic with a switched aspect of spectral characteristics of sensitivity. The implemented spectral characteristics of sensitivity are defined by population of power levels многозарядной impurity. The set of spectral characteristics between which switching is carried out, is defined by a combination of materials of the semi-conductor and deep multicharge impurity.

Key words: photodetector, the semiconductor, multicharge impurity, sensitivity spectral characteristics, control of the sensitivity characteristic.

*Адрес для переписки: Гусев О.К., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: ktyavlovsky@bntu.by*

Наибольший интерес, с точки зрения применения в измерительных фотоэлектрических преобразователях систем оптической диагностики, представляют фотоприемники (ФП), способные осуществлять одновременное измерение нескольких параметров оптического излучения: абсолютной и относительной интенсивностей спектральных линий, полуширины, формы контуров спектральных линий и др. [1–4]. Физическую основу работы фотоприемника, построенного на базе полупроводника с собственной фотопроводимостью [2–4], составляет интеграция процессов внутри объема чувствительной области, связанных с последовательной перезарядкой нескольких энергетических уровней различных зарядовых состояний глубокой примеси. Расширение функциональности ФП возможно благодаря использованию механизма управления зарядовым состоянием многозарядных примесных центров. Такой фотоприемник выполняется в одном объеме полупроводника с собственной фотопроводимостью, легированного глубокой примесью, образующей два и более энергетиче-

ских уровня для разных зарядовых состояний [3]. Многозарядный примесный M -центр может содержать от 0 до M электронов и соответственно, находиться в $(M + 1)$ различных зарядовых состояниях. Схема полупроводника для $M = 3$ приведена на рис. 1.

При пустом центре для электрона существует основное вакантное состояние, описываемое локальным уровнем энергии E_1 . При заполнении уровня E_1 для электронов «возникает» новое квантовое состояние с энергией E_2 , которое может быть занято вторым захваченным электроном. Причем уровня энергии E_2 не существует, пока уровень E_1 не занят хотя бы одним электроном. Это обстоятельство составляет основное отличие энергетического спектра многозарядных центров от системы уровней, формируемых несколькими простыми центрами разных типов. В случае нескольких однозарядных центров разных типов вся совокупность локальных уровней всегда существует полностью, независимо от степени заполнения отдельных уровней. Для многозарядной примеси нейтральному состоянию при-