**Исследование магнитокалорического эффекта в сплаве Гейслера** $Ni\_{50}Mn\_{35}In\_{13,5}Al\_{1,5}$

***Павлочев С. Ю., Родионов И. Д.***

*Студент 5 курса, аспирант*

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

физический факультет, Москва, Россия

[sergeypavlochev@list.ru](../Documents/sergeypavlochev%40list.ru)

Магнитокалорический эффект (МКЭ) был открыт в 1881 году. Он заключается в изменении температуры магнитного материала при помещении во внешнее магнитное поле.В последние десятилетия интерес к МКЭ возрос в связи с возможностью его практического применения в технологии магнитного охлаждения. Одними из перспективных материалов для магнитного охлаждения являются сплавы Гейслера [1], [2].

В данной работе приводятся результаты экспериментального исследования прямым и косвенным методами МКЭ сплава Гейслера $Ni\_{50}Mn\_{35}In\_{13,5}Al\_{1,5}$.Образец был получен методом дуговой плавки в атмосфере аргона с последующим отжигом при температуре 8500С в течение 24 часов при давлении 10-4 тор. Прямые измерения адиабатического изменения температуры при намагничивании были сделаны на установке MagEq MMS 801. Для этого были вырезаны две одинаковых пластинки данного сплава, между которыми помещалась термопара. С ее помощью фиксировалось изменение температуры. Массы пластинок определялись на аналитических весах (точность весов 10-4 г). При косвенном методе определения МКЭ с помощью соотношений Максвелла [1] использовались данные относительно намагниченности, полученные при измерениях в полях до 10 кЭ на вибрационном магнитометре Lake Shore VSM 7400 System. Намагниченность измерялась в двух режимах – Zero Field Cooled (ZFC) и Field Cooling (FC).

На рис. 1 – 3 приведены полученные температурные зависимости намагниченности, МКЭ, а также зависимость изменения энтропии от температуры, построенный по данным из изотермических кривых намагничивания для $Ni\_{50}Mn\_{35}In\_{13,5}Al\_{1,5}$.

Из графика зависимости намагниченности от температуры (рис. 1) следует, что в образце происходят фазовые переходы I и II рода – структурный переход из мартенситной в аустенитную фазу ($T\_{M}$ = 300 К) и переход аустенитной фазы из ферромагнитного в парамагнитное состояние (температура Кюри $T\_{c}$ = 320) соответственно. На графике зависимости МКЭ от температуры (рис. 2) видно наличие аномального обратного эффекта при температурах ниже температуры мартенситного перехода. Температурный интервал аномального пика составляет порядка 25 - 30 К. Наличие обратного эффекта вызывает большой интерес, так как неясны причины его появления в сплаве данного состава. Причем на температурной зависимости изменения магнитной энтропии (рис. 3) аномального пика не наблюдается. Мы предполагаем, что наличие обратного эффекта связано со структурным вкладом в изменение энтропии.

В докладе обсуждаются прямой и косвенный методы исследования МКЭ, приводится их сравнительный анализ. Также исследуется вопрос возникновения дополнительного пика на зависимости $dT(T)$ в сплаве $Ni\_{50}Mn\_{35}In\_{13,5}Al\_{1,5}$ и влияния Al на величину МКЭ.



Рис. 1 Зависимость намагниченности сплава $Ni\_{50}Mn\_{35}In\_{13,5}Al\_{1,5}$ от температуры

Рис. 2 Зависимость магнитокалорического эффекта в сплаве $Ni\_{50}Mn\_{35}In\_{13,5}Al\_{1,5}$ от температуры



 Рис. 3 Зависимость энтропии сплава

 $Ni\_{50}Mn\_{35}In\_{13,5}Al\_{1,5}$ от температуры

Литература

[1]. A. M. Tishin, Y.I. Spichkin. The Magnetocaloric effect and its applications Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, (2003). 475 p.

[2]. J. Liu, T. Gottschall, K.P. Skokov, J.D. Moore, O. Gutfleisch. Nature Materials 11, 620 (2012).