

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АТОМНОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА АМОРФНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ Fe–Ni–Si–В

Ковалев А.И., Вайнштейн Д.Л., Корниенков Б.А., Филиппова В.П.

ГНЦ РФ «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им.
И.П. Бардина», Москва, Россия,
boris-kornienkov@yandex.ru

Одной из основополагающих характеристик аморфных магнитомягких сплавов является намагниченность насыщения, увеличение которой позволяет уменьшать вес и габариты электрических приборов и машин, что особо актуально в связи с развитием автомобильной и аэрокосмической отраслей.

Исследования показали, что некоторые сплавы, близкие по составу к традиционным аморфным сплавам на основе железа показывают аномальный рост намагниченности насыщения при низкой температуре или в больших магнитных полях при сохранении аморфной структуры [1,2]. Был разработан сплав, близкий по составу к аморфному сплаву 2НСР, в котором после проведения структурной релаксации (СР) в режиме термо-механо-магнитной обработки (ТММО) рост намагниченности насыщения достигает 25% (при комнатной температуре) [3]. Согласно рентгеноструктурным данным, сплав после проведения ТММО сохраняет аморфное состояние. Высказано предположение, что в процессе СР образуются кластеры с разными магнитными характеристиками, такими как намагниченность насыщения и константа анизотропии.

Атомную и электронную структуру сплава типа 2НСР исследовали методами электронной спектроскопии: рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), спектроскопии потерь энергии медленных электронов высокого разрешения (HREELS), анализа протяженной тонкой структуры спектров потерь энергии электронов (EELFS). В исходном состоянии обнаружены области (кластеры) с упорядоченным размещением атомов Fe и В размером порядка 0,43 нм. Отжиг приводит к увеличению числа таких нано-областей. Замечено, что после обработки формируется локальная кластерная структура с периодом идентичности равным 0,65 нм. На основании анализа данных РФЭС можно сказать, что в исходном состоянии кластеры имели стехиометрию $Fe_{1,5}B$, а после обработки она соответствует $Fe_{1,8}B$. Объемная доля кластеров в образце после проведения обработки составляет 7,5% против 6,3% в исходном состоянии.

Сравнение тонкой структуры валентной зоны (ВЗ) аморфного сплава до и после ТММО показывает существенные трансформации электронной плотности как в глубине ВЗ, так и вблизи уровня Ферми. Наибольший интерес с точки зрения изменений магнитных свойств изучаемого сплава после ТММО представляет поведение низкоэнергетической части ВЗ вблизи уровня Ферми. После ТММО пики зонных уровней спинового большинства $t_{2g}\uparrow$ и спинового меньшинства $t_{2g}\downarrow$ сдвигаются в сторону меньших энергий связи. Полуширины пиков t_{2g} после обработки уменьшаются, что свидетельствует о росте упорядоченности электронной подсистемы. Эти изменения в ВЗ приводят к формированию упорядоченной электронной структуры, что способствует увеличению намагниченности насыщения.

1. Корниенков Б.А., Артамонов Е.В. // Сталь, № 6, 2009, с.69-74.
2. Корниенков Б.А., Либман М.А., Молотиллов Б.В. и др. // Сталь, № 4, 2013, с. 64-65.
3. Корниенков Б.А., Либман М.А., Молотиллов Б.В. и др.// Сталь, 2015, №3, с.90-91.