

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра материаловедения,  
технологии и управления  
качеством

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНО ИОННОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖАТОМНЫХ СВЯЗЕЙ ЖЕЛЕЗА В  
СЛОЖНОЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВАХ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 421 группы  
направления 22.03.01 «Материаловедение и технологии новых материалов»  
факультета нано - и биомедицинских технологий  
Положенкова Михаила Евгеньевича

Научный руководитель

профессор, д.т.н  
должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

А.А. Аникин  
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

профессор, д.ф.-м.н.  
должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

С.Б. Вениг  
инициалы, фамилия

Саратов 2017

**Введение.** Получение модифицированных материалов с заданными свойствами можно назвать одной из самых важных проблем современного мира, особенно это касается объемно-промышленных железо - углеродистых сплавов - чугунов и сталей. Значительно помочь в решении этой проблемы могут использование новых модификаторов - редкоземельных металлов и совершенствование применения метода вторично-ионной масс-спектрометрии для анализа и контроля концентрационных неоднородностей, возникающих в процессе модифицирования. Использование масс-спектрометрических установок с ионным зондом с малым разрешением по массовым числам и большим диаметром первичного ионного пучка, наряду с применением масс-спектрометров с высокой разрешающей способностью (например, TOF.SIMS 5), позволяет получать необходимые результаты об особенностях концентрационных неоднородностей и их контроля в процессе получения материалов. Создание картотеки эталонных образцов и их масс-спектров, расшифрованных с использованием других методов (растровая электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, рентгеновский флуоресцентный анализ и др.), даст возможность обосновать процессы получения новых свойств материалов и контролировать технологические процессы их производства.

Масс-спектрометрия — это физический метод измерения отношения массы заряженных частиц материи (ионов) к их заряду. На сегодняшний день этот метод используется в многочисленных лабораториях и предприятиях мира, в своей основе имеет фундаментальные знания природы вещества и использует основополагающие физические принципы явлений. Используемые в этом методе приборы называются масс-спектрометры или масс-спектрометрические детекторы. Данные приборы взаимодействуют с материальным веществом. Изотопный состав молекул и изотопный состав атомов устанавливается масс-спектрометрами. Масс-спектрометрия значительно отличается от иных аналитических физико-математических методов тем, что масс-спектрометрия связана с самими

частицами вещества, а рентгеновские, оптические и некоторые другие методы детектируют поглощение и излучение энергии молекулами или атомами. Масс-спектрометрия измеряет массы частиц вещества, а точнее соотношение массы к заряду.

Целью бакалаврской работы служит : изучение влияние модификатора на структуру и свойства износостойкого чугуна.

Задачами бакалаврской работы являлись:

— Получение данных об относительных изменениях структурно-энергетических характеристик исследуемых веществ модифицированного железоуглеродистого сплава с помощью метода ВИМС.

## **Основное содержание работы**

### **Принцип и возможности метода ВИМС**

Вторично-ионная масс спектрометрия является одним из физических методов исследования поверхности твердых тел. Анализ образца проводится в условиях высокого вакуума. Образец бомбардируется пучком первичных ионов с энергией 0.1 - 100 кэВ. Сталкиваясь с поверхностью, первичные ионы выбивают вторичные частицы, часть из которых, обычно менее 5%, покидают поверхность в ионизированном состоянии. Эти ионы фокусируются и попадают в масс-анализатор, где они разделяются в соответствии с отношением их массы к заряду. Далее они попадают на детектор, который фиксирует интенсивность тока вторичных ионов и передает информацию на ЭВМ.

Вторично-ионная масс спектрометрия обладает рядом уникальных возможностей:

1. Анализ можно подвергать любые твердые вещества без какой-либо специальной подготовки (металлы и сплавы, полупроводники, диэлектрики).
2. Регистрируются все элементы от водорода до трансурановых.
3. Идентификация изотопов не требует дополнительных усилий.
4. Идентифицируются не только отдельные элементы, но и их химические соединения.

В тоже время вторично-ионная масс спектрометрия имеет и некоторые недостатки: Трудность точного количественного определения элементного состава образца, связанная с зависимостью вероятности ионизации частиц от их окружения. Разрушающее воздействие пучка первичных ионов на исследуемый образец, и как следствие, возникновения эффектов связанных с перемешиванием и сегрегацией элементов на поверхности.

### **Идея эксперимента**

Были проведены исследования структурно-энергетических характеристик поверхностного слоя двух образцов твердого вещества –

армко-железа и сплава железа с хромом и никелем ИЧХ28Н2. Заданную цель можно достичь тем, что придерживаясь способа идентификации циклов химических соединений элементов в масс-спектрометрии вторичных ионной эмиссии, способ включает в себя облучение поверхности образца пучком первичных ионов и регистрацию масс-спектров вторичных ионов. Осуществляется ввод различных заданных количеств исследуемого элемента в некоторое количество одинаковых образцов. Далее идет проведение дополнительного масс-спектрометрического анализа указанных образцов и суждение по отношению измеренных ионных токов о наличии или отсутствии химического соединения исследуемого элемента в образце.

Максимальное значение тока для  $^{56}\text{Fe}^+$  составило 2,65 относительных единиц, для ИЧХ28Н2 – 3,1225. Измерения зависимостей тока вторичных ионов железа от вытягивающего напряжения при данном фиксированном значении фокусирующего напряжения повторяли 5 раз для получения усредненных максимальных значений тока (интенсивности пика) с целью исключения случайно ошибки. Были определены средние значения тока вторичных ионов  $^{56}\text{Fe}^+$  в каждом образце с последующей нормировкой 100% содержанию железа и получены относительные значения интенсивности пика железа для данных образцов.

Таблица 1 – Экспериментальные данные

Материал	$^{56}\text{Fe}^+$		Содержание Fe, %		
Армко	2,48	3,27	100%	3,275	1,00
	3,58	5			
	3,43				
	3,3225				
	3,5675				
ИЧХ28Н2	2,4875	3,18	68%	4,676	1,45
	3,165				
	3,4725				
	3,6525				
	3,1275				

Где — среднее значение тока вторичных ионов при  $E_{\text{фок}} = 5$  кВ, — пересчет среднего значения на 100%, — относительные значения интенсивности пика  $^{56}\text{Fe}^+$ .

Как видно из таблицы 1, добавка хрома и никеля в железо приводит к увеличению выбиваемых атомов железа и, следовательно, к ослаблению связей между атомами в сплаве.

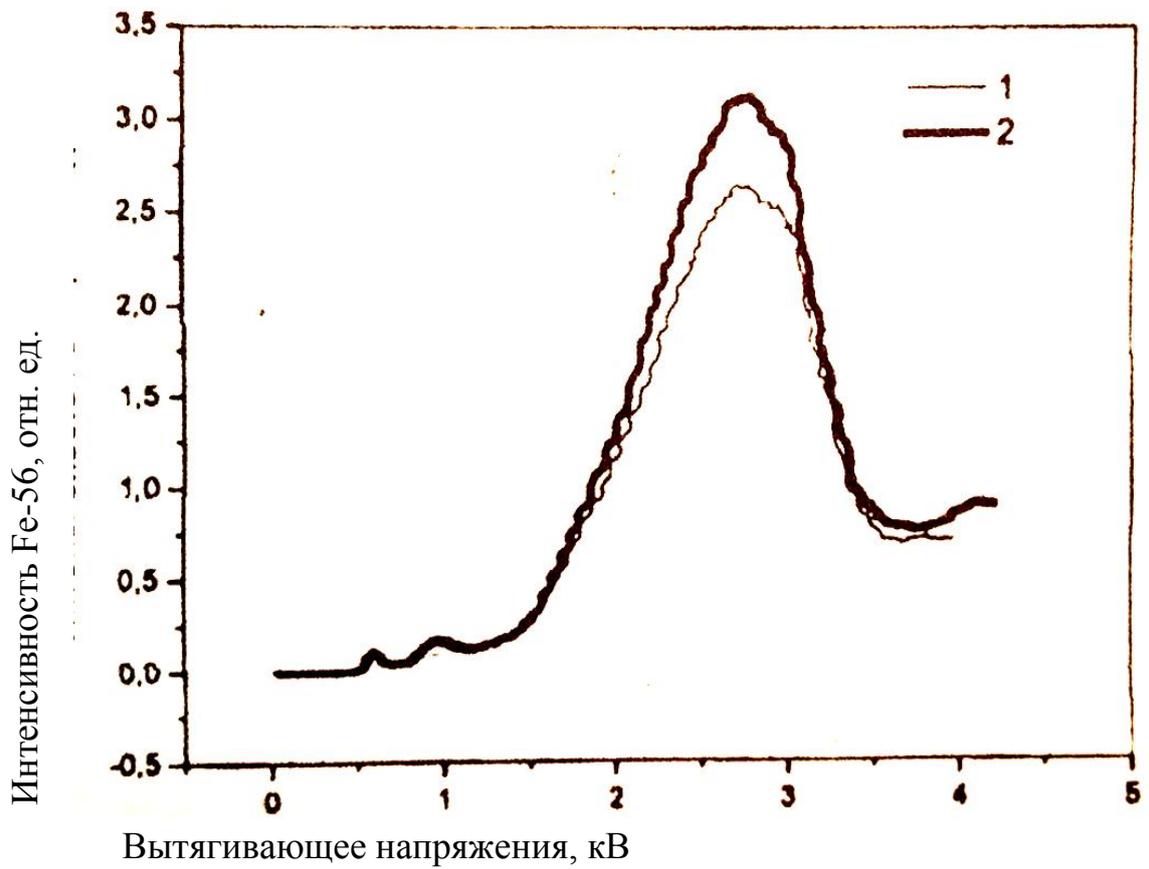


Рисунок 5 – График зависимости интенсивности от вытягивающего напряжения в двух разных металлах.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Были проведены исследования структурно-энергетических характеристик поверхностного слоя двух образцов твердого вещества – армко-железа и сплава железа с хромом и никелем ИЧХ28Н2. Для определения компонента с максимальным процентным содержанием в каждом образце, поверхности образцов облучали первичными ионами азота. Масс-спектрометрический анализ подтвердил, что максимальное процентное содержание в образцах имеет компонент – железо. Для данного компонента были проведены измерения зависимости тока вторичных ионов железа от вытягивающего напряжения.

Установлено, что добавление модификатора в чистое железо приводит к увеличению износостойкости материала, но уменьшению межатомных связей.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

- 1 Аникин, А. А., Жуков, А. Г., Киреев, Н. Н., Черепин, В. Т. // Изв. Вузов. Черная металлургия. 1978. №8. С. 123-125.
- 2 Аникин, А. А., Иттриевый чугун / А. А. Аникин. М., Машиностроение, 1976. 94 с.
- 3 Аникин, А. А., Вениг, С. Б., Биленко, Д. И., Грибов, А. Г., Жуков, А. Г. Шаровидный графит - строение, свойства / А. А. Аникин, С. Б. Вениг, Д. И. Биленко, А. Г. Жуков. // Металловедение и термическая обработка металлов, 2014, №3. С. 3-7.