

А.Р. ЖЕЛАННАЯ*, Д.А. БАЛАЕВА-ТИХОМИРОВА**

Научный руководитель – О.М. Балаева-Тихомирова

*Республика Беларусь, Витебск, Лицей ВГУ имени П.М. Машерова

**Республика Беларусь, Витебск, Гимназия № 3 имени А.С. Пушкина г. Витебска

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА МЕТАЛЛА

Определение химического состава металла, процентное содержание элементов в техническом образце, а также качественное и количественное определение примесей является важной задачей современного общества, так как применение качественного металла позволяет эффективно использовать детали, производимые из него и повышают срок их эксплуатации [1].

Определение химического состава образца металла имеет большое практическое значение и применение в производстве для: подбора качественных материалов для изготовления деталей; выбора соответствующих этапов и технологий производства изделия исходя из состава металла; контроля качества производимой продукции; расчета времени эксплуатации и износостойкости детали исходя из совершенной работы; прогнозирования развития коррозии и способов ее устранения и замедления. Коррозия в свою очередь приводит к уменьшению надежности работы оборудования: аппаратов высокого давления, паровых котлов, металлических контейнеров, деталей для машин. Несвоевременное разрушение деталей является причиной простоя производства, приводит к необходимости замены вышедшего из строя оборудования, к потерям сырья и продукции. Все перечисленное приводит ежегодно к миллиардным убыткам, и решение этой проблемы является важной задачей [2].

Исследование проводилось в рамках выполнения задания 3.04 «Оценка состояния водных экосистем Белорусского Поозерья в условиях изменения климата и техногенного воздействия» ГПНИ 10 «Природные ресурсы и окружающая среда» (ГР 20210475 от 31.03.2021).

Цель – установить химический состав материала, использованный для изготовления железных деталей, методом оптико-эмиссионной спектроскопии.

Основная часть. Исследование химического состава технических образцов металлов проводилось на базе научно-исследовательской лаборатории «Структурно-функциональных исследований» факультета химико-биологических и географических наук ВГУ имени П.М. Машерова. В эксперименте участвовало 4 вида деталей двух разных производителей (таблица). Эксперимент включал три этапа: 1. Определение химического состава железных деталей методом оптико-эмиссионной спектроскопии. 2. Установление отличий в составе производственных деталей, представленных для анализа различными производителями. 3. Анализ качества и технических характеристик материала деталей.

Анализ химического состава технических образцов металлов проводили на искровом оптико-эмиссионном спектрометре GNR ML300 (MiniLab 300).

Для исследования использовались образцы размером не менее 25 на 25 мм, толщиной не менее 10 мм. Основой образцов являлись стали (низколегированные, нержавеющие, марганцовистые, др.) или медные и алюминиевые сплавы. Принципом метода оптико-эмиссионных измерений является установление процентного содержания химических элементов в сталях и сплавах выполняют методом возбуждения атомов элементов материала пробы электрическим разрядом, разложении излучения атомов элементов на спектр, измерения аналитических сигналов, пропорциональных интенсивности или логарифму интенсивности спектральных линий, и последующем определении массовых долей элементов с помощью градуированных характеристик.

Таблица 1 – Характеристика исследуемых образцов

Название детали	Вид детали		Предприятие
Деталь №1 Крепежная деталь электронного спидометра			Детали предоставлены ОАО «Витебский завод электро-измерительный приборов» и используются для приборов специального назначения и автотракторных приборов
Деталь №2 Крепежное кольцо вольтметра			
Деталь №3 Элемент составной части деталей станков и оборудования			Детали предоставлены Частным производственным унитарным предприятием «ПроМеханика»
Деталь №3 Элемент составной части деталей станков и оборудования			

Работа на искровом оптико-эмиссионном спектрометре и его программное обеспечение позволяют устанавливать химический состав (определение массовой доли химических элементов в сталях и сплавах); определять процентное содержание примесей в широком диапазоне (углерод, сера, фосфор, кремний, марганец, хром, никель, кобальт, медь, алюминий (алюминий кислоторастворимый), мышьяк, молибден, вольфрам, ванадий, титан, неодим, цирконий, свинец, олово, цинк, сурьма, бор, висмут, кальций, азот, магний, церий). В результате статистически обработки полученные результаты и формировать итоговое заключение о химическом составе образца металла или сплава.

Весь цифровой материал обрабатывался в программах Microsoft Excel и Statistica.

Анализ исследуемых образцов деталей выявил, что основным элементом является железо (рисунок 1). Процентное содержание железа в образцах различное и составляет от 98,785 % до 70,160 %. Детали 1 и 2, характеризуется высоким содержанием железа по сравнению с деталями 3 и 4 на 28,625 %.

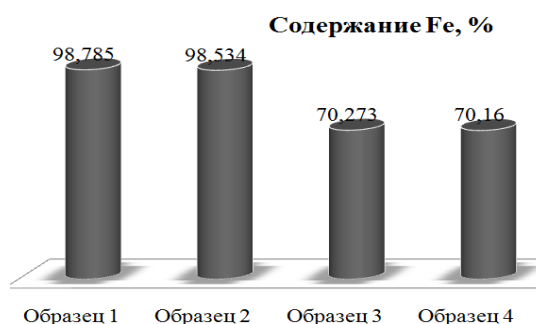


Рисунок 1 – Содержание железа в исследуемых образцах деталей

Содержание примесей других химических элементов в деталях различных производителей отличалась (рисунок 2-5). В деталях 1 и 2 в качестве примесей были обнаружены углерод, кремний, марганец, фосфор, хром, молибден, никель, алюминий, медь, вольфрам, ниобий, олово, висмут, лантан и кальций (рисунок 1, 2).

Наибольшее содержание в образцах технических металлов из установленных элементов имеют марганец (0,227-0,327 %), медь (0,204-0,208 %), хром (0,083-0,093 %), алюминий (0,052-0,049 %). Остальных элементов процентное содержание незначительное.

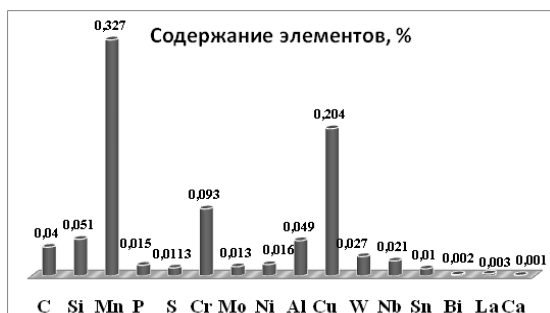


Рисунок 2 – Химический состав примесей детали №1

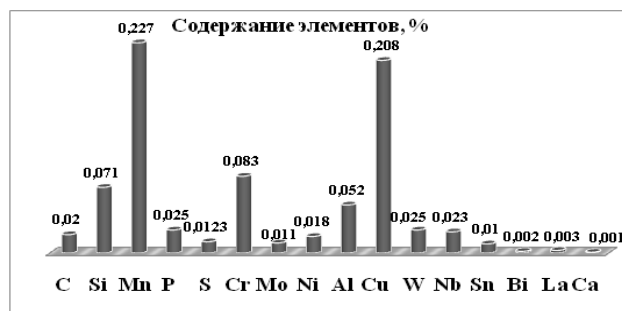


Рисунок 3 – Химический состав примесей детали №2

В деталях 3 и 4 было установлено содержание кремния, марганца, фосфора, серы, хрома, молибдена, никеля, алюминия, меди, кобальта, титана, ванадия, вольфрама, ниобий, олово, мышьяка, висмут, сурьмы, цинка и циркония (рисунок 4, 5).

Наибольшее содержание в образцах технических металлов из установленных элементов имеют хром (17,7-17,6 %), марганец (1,047-1,042 %), никель (0,936-0,953 %), медь (0,210-0,209 %), титан (0,364-0,353 %), кремний (0,432-0,427 %), молибден (0,174-0,173 %), алюминий (0,127 %) кобальт (0,135-0,133 %). Остальных элементов процентное содержание незначительное (рисунок 4, 5).

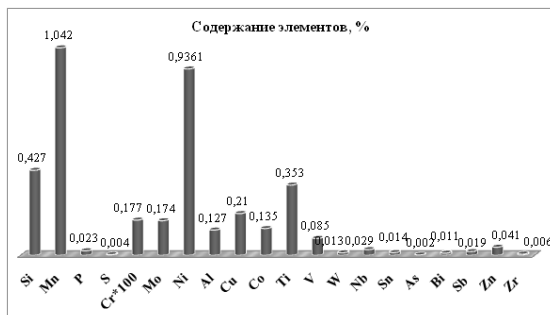


Рисунок 4 – Химический состав примесей детали №3

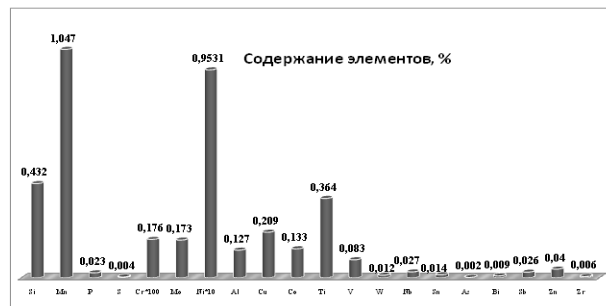


Рисунок 5 – Химический состав примесей детали №4

При сравнении деталей двух производителей, ОАО «Витебский завод электроизмерительный приборов» и ЧУП «ПроМеханика», выявлено разное содержание основного элемента железа и как следствие отличие качественного и количественного составов примесей. В образцах металла деталей 1 и 2 отмечается меньшее количество примесей, а также, в отличие от деталей 2 и 4 – содержатся углерод, лантан и кальций. В металле из образцов 3и 4 большее содержание примесей (около 30 %), в отличие от деталей 1 и 2 содержатся элементы – сера, кобальт, титан, вольфрам, мышьяк, сурьма, цинк.

Заключение. Методом оптико-эмиссионной спектроскопии был установлен химический состав материалов, использованных для производства железных деталей. Основным элементов во всех исследуемых образцах является железо, содержание которого колеблется от 98,785 %

до 70,160 %. В качестве примесей, имеющих больший процент содержания, были обнаружены углерод, кремний, марганец, фосфор, хром, молибден, никель, алюминий, медь, кобальт, вольфрам, магний и ниобий. Процентное содержание примесей изменилась в зависимости от исследуемого образца и производителя, что оказывает влияние на качество продукции и срок ее эксплуатации.

Выявлены отличия в производственных деталях, представленных для анализа различными производителями. Наибольшее содержание железа отмечено в образцах № 1 и № 2, представленных ОАО «Витебский завод электро-измерительный приборов» (99 %), наименьшее – в образцах № 3 и № 4 производитель ЧУП «ПроМеханика». Соответственно наибольшее процентное содержание примесей выявлено в образцах с меньшим содержанием железа. В процентном соотношении к наибольшему количеству элементов примесей в образцах относятся хром (17,7 %), марганец (1,05 %), никель (0,95 %). Увеличение количества примесей приводит к снижению качества материала и повышает риск быстрого разрушения деталей.

Проанализировав химический состав образцов, можно сделать вывод, что наиболее качественный материал используется при изготовлении деталей № 1, 2 и низкого качества – № 3, 4, что отражается на технических характеристиках исследуемых составных деталей станков и оборудования, используемых в производстве и степени их износа со временем. Таким образом, для изготовления образцов необходимо использовать металл, который соответствует требованиям ГОСТа (процент содержания железа не ниже 98%) и химическому содержанию элементов в составе образца, т.к. данные характеристики влияют на качество производимой продукции, сохранения и устойчивости детали к коррозии.

Список цитированных источников:

1. Хохлачева, Н.М. Коррозия металлов и средства защиты от коррозии: учебное пособие / Н.М. Хохлачева, Е.В. Ряховская, Т.Г. Романова. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 118 с.
2. Яхяев, Н.Ш. Лабораторные методы измерения и приборы контроля коррозии / Н.Ш. Яхяев, А.К. Камолов // Молодой ученый. – 2016. – № 12 (116). – С. 455–458.