

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.В.ЛОМОНОСОВА**

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**ЗАЧЕТНАЯ ЗАДАЧА ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ
ХИМИИ**

студента 2X группы
XXXXX X.X.

преподаватель:
XXXXXXXXXX X.X.

МОСКВА - 1999

Содержание.

1. ВВЕДЕНИЕ	2
2. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ	3
3. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	7
3.1. Краткая справка	7
3.2. Методы разложения сталей	7
3.3. Химические методы количественного определения железа	8
3.3.1. Гравиметрические методы	9
3.3.2. Титриметрические методы	10
3.4. Химические методы количественного определения никеля	14
3.4.1. Гравиметрические методы	14
3.4.2. Титриметрические методы	15
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	17
4.1. Количественный анализ	17
4.1.1. Гравиметрическое определение никеля	17
4.1.2. Титриметрическое определение железа	19
5. ВЫВОДЫ	22
6. ЛИТЕРАТУРА	23

1. Введение.

Целью данной работы является проведение анализа выданного образца, представляющего собой природный или промышленный объект. В задачу входит выявление качественного состава объекта, а также определение процентного содержания основных компонентов в анализируемом объекте.

2. Качественный анализ образца.

Внешний вид образца.

Образец представляет собой серебристо-серые опилки с металлическим блеском. Предположительно сплав.

Определение типа сплава.

Было проведено определение типа сплава на основании реакций, характерных для основного элемента сплава.

Ход определения типа сплава.

Таблица 1.

Анализируемый объект	Реагент	Наблюдения	Вывод
Сплав	NaOH (30%)	Выделения газа не происходило.	
Сплав	Р-р Fe ₂ (SO ₄) ₃ (3%)	Выделения газа и образования бурого осадка не наблюдалось.	
Сплав	HNO ₃ (конц) при нагревании	Появления синей окраски раствора или образования белого осадка не произошло.	
Сплав	HCl(конц) при нагревании, 6М HNO ₃ ,	Наблюдалось появление кроваво-красной окраски.	Анализируемый сплав представлял

	P-р (10%)	NH_4NCS		с собой железа.	сплав
--	--------------	-------------------------	--	--------------------	-------

Качественный анализ.

Ход качественного анализа.

Таблица 2.

№ опы-та	Анали-зи-руемый объект	Реагент	Наблюдения	Вывод
1.	сплав	H_2SO_4 (1:5), т	Часть образца растворяется раствор (1), остается чёрный осадок	в состав сплава входят неметаллы, возможно С, Si, P; осадок далее не анализируется
2.	раствор 1	HNO_3 (конц), т	Получен прозрачный раствор (2)	сплав не содержит вольфрама
3.	раствор 2	Na_2S (среда кислая), т	Выпадает чёрный осадок (1) и раствор 3	Возможно присутствие меди или молибдена в сплаве
4.	осадок 1	6М HNO_3	осадок растворяется, выделяется сера	от осадка отделена сера
5.	осадок 2	Выпаривание с 4М H_2SO_4	осадок растворяется (р-р 4)	

6.	раствор 4	конц. раствор NH_3	темно-синий раствор не образуется	медь в сплаве отсутствует
7.	раствор 4	$\text{HCl}_{(\text{конц})}^+$ NH_4NCS^+ SnCl_2	Появляется красное окрашивание	в состав сплава входит молибден
8.	раствор 3	избыток 30%- ного раствора NaOH	Образуется окрашенный осадок (3) и р-р 5	
9.	раствор 5	4М HCl + 3%- ный H_2O_2	Тёмно-красное окрашивание не появляется	в объекте не содержится ванадий
10.	раствор 5	$\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})}$, т	Белый осадок не выделяется	алюминий в образце отсутствует
11.	раствор 5	3%-ный H_2O_2 + H_2SO_4 (1:4), эфир	Наблюдается окрашивание эфирного слоя в синий цвет	в сплаве содержится хром
12.	осадок 3	4М раствор H_2SO_4	Осадок растворяется – р-р 6	
13.	раствор 6	1%-ный раствор диметилгли- оксима	Происходит образование красного осадок	образец содержит никель

		этанол+ 2М раствор NH ₃		
14.	раствор 6	HNO _{3(конц)} + NaBiO _{3(ТВ)}	изменения цвета раствора не наблюдается	в состав объекта не входит марганец
15.	раствор 6	NH ₄ NCS _(ТВ) + NaF _(ТВ) , изоамиловый спирт	не наблюдается окрашивания спиртового слоя в синий цвет	сплав не содержит кобальт
16.	раствор 6	H ₃ PO ₄ , 1М H ₂ SO ₄ + 3%-ный H ₂ O ₂	не наблюдается желтого окрашивания раствора	сплав не содержит титан

Выводы.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что анализируемый сплав на основе железа содержит в качестве легирующих добавок хром, никель и молибден.

3. Литературный обзор.

3.1. Краткая справка. [1]

Железо и его сплавы относятся к продуктам черной металлургии. В зависимости от содержания углерода различают стали (содержание углерода от 0,2 до 1,7 %) и чугуны (содержание углерода от 1,7 до 6,6%).

3.2. Методы разложения сталей. [2]

Окисление азотной кислотой и оксидами азота.

Благодаря высокой скорости реакции смесь HCl и HNO_3 (3:1) применяют для растворения многих металлов и сплавов, в т. ч. сталей.

Некоторые малорастворимые металлы и сплавы можно перевести в раствор с помощью смеси азотной и фтороводородной кислот.

Окисление серной кислотой.

Серная кислота широко используется для перевода в растворимое состояние различных металлических продуктов. Растворение ускоряется в присутствии K_2SO_4 , $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, которые повышают температуру кипения кислоты.

Окисление смесью азотной и серной кислот.

Смеси азотной и серной кислот в различных пропорциях часто используются в анализе для растворения металлов и сплавов. Для растворения сталей рекомендуется смесь (5:2:5) HNO_3 , H_2SO_4 и HCl или смесь (6:7:7) азотной, серной и фосфорной кислот.

Окисление хлорной кислотой.

Горячая концентрированная HClO_4 растворяет почти все металлы, которые при этом переходят в высшую степень окисления. Её часто применяют при анализе сталей и сплавов, т. к. она быстро растворяет пробы.

Окисление иодноватой кислотой и иодатами.

HIO_3 и иодаты проявляют сильные окислительные свойства, поэтому их можно использовать для растворения металлов и сплавов. Легированные стали растворяют в смеси иодноватой и хлороводородной кислот. Обычно достаточно нагревать пробу несколько минут до полного растворения.

Окисление пероксидом водорода.

Как правило, металлы и сплавы растворяют в кислотах, содержащих пероксид водорода. Стали растворяют в смесях H_2O_2 и HCl , H_2O_2 и H_2SO_4 , H_2O_2 и HNO_3 , HF и H_2O_2 .

3.3. Химические методы количественного определения железа.

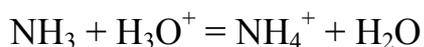
3.3.1. Гравиметрические методы. [1]

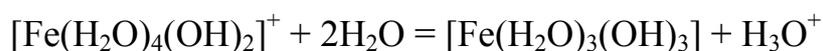
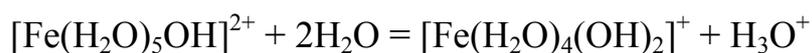
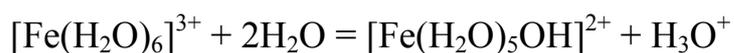
Определение железа осаждением аммиаком по методу Танаева.

Навеску железа растворяют в разбавленной азотной кислоте при нагревании.



По окончании растворения азотнокислое железо разбавляют небольшим количеством воды и осаждают гидрат окиси железа избытком водного раствора аммиака.

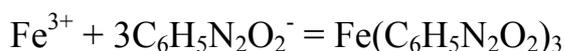




После осаждения содержимое стакана разбавляют горячей водой. Затем гидрат окиси железа отфильтровывают водой, осадок сушат, прокаливают до постоянной массы при 800°C , и взвешивают полученную окись Fe_2O_3 .

Определение железа купфероновым методом.

Осаждение купфероном ($\text{C}_6\text{H}_5\text{N}\cdot\text{NO}\cdot\text{ONH}_4$) производят из охлажденного раствора железа при помощи 4%-го раствора купферона, который приливают в избытке (до появления на поверхности раствора белой, растворимой при помешивании мути). Уравнение реакции:



Осадок отфильтровывают, промывают холодной водой и разбавленным раствором аммиака, высушивают, прокаливают в электрической печи при температуре $900-1200^\circ\text{C}$ в течение 25-30 минут и взвешивают в виде гравиметрической формы Fe_2O_3 .

Определение железа осаждением 8-оксихинолином.

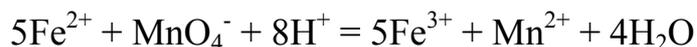
8-Оксихинолин осаждает железо из растворов, содержащих ацетат аммония. Осадок высушивается при $120-125^\circ\text{C}$ в виде осаждаемого соединения $\text{Fe}(\text{Ox})_3$, где Ox-молекула оксихинолина. Его производное-5,7-дибром-8-оксихинолин- является избирательным реагентом для осаждения железа. Осаждению им не мешает присутствие ионов Al, Cd, Co, Hg, Mn, Ni.

3.3.2. Титриметрические методы. [4]

Перманганатный метод.

Метод основан на окислении двухвалентного железа перманганатом калия.

Реакция протекает по уравнению:

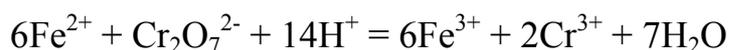


Для титрования по этому методу не нужен индикатор, т. к. небольшой избыток перманганата окрашивает раствор в розовый цвет. Чтобы сделать окраску более заметной, необходимо перевести окрашенные ионы трёхвалентного железа, образующиеся при титровании, в бесцветные комплексные ионы добавлением фосфорной кислоты. Перед титрованием железо восстанавливают до двухвалентного хлоридом олова (II) или другим восстановителем:



Бихроматный метод.

Метод основан на окислении двухвалентного железа бихроматом калия:



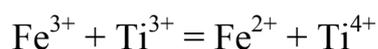
По этому методу также необходимо предварительное восстановление железа до двухвалентной формы.

Избыток бихромата калия слабо окрашивает титруемый раствор, поэтому для определения конечной точки титрования необходим индикатор. В качестве индикатора используют дифениламинсульфонат натрия.

Образующиеся в процессе титрования ионы Fe^{3+} окисляют индикатор, поэтому переход окраски не резкий и наступает раньше эквивалентной точки титрования. При добавлении к раствору фосфорной кислоты окислительный потенциал системы $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ снижается ($E^0_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,68 \text{ В}$, $E^0_{\text{FeH}_2\text{PO}_4^{2+}/\text{Fe}^{2+}} = 0$). Таким образом, устраняется влияние ионов Fe^{3+} и отчётливый переход окраски наступает точно в эквивалентной точке титрования.

Титанометрический метод.

В основе метода лежит реакция восстановления трёхвалентного железа до двухвалентной формы раствором трёхвалентного титана:



Индикатором служит роданид калия или аммония.

На определение железа по этому методу требуется меньше времени, чем по предыдущим методам, т. к. не требуется восстанавливать железо до двухвалентного.

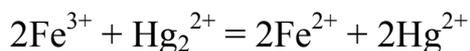
Метод определения железа при помощи хлорида двухвалентного олова.

По этому методу трёхвалентное железо титруют раствором хлорида двухвалентного олова. Индикатором служит какотелин, который при восстановлении небольшим избытком реактива окрашивает раствор в фиолетовый цвет. Титрование проводят в горячем 2-н растворе HCl , т.к. на холоду реакция протекает медленно и не количественно.

Метод определения железа при помощи раствора нитрата одновалентной ртути.

Трёхвалентное железо титруют раствором одновалентной ртути при комнатной температуре в растворе, содержащем около 5% (объёмн.) азотной кислоты. Индикатором служит раствор роданида аммония.

Реакция протекает по уравнению:



Определению железа по этому методу мешает присутствие ионов хлора, которые с солями ртути образуют недиссоциирующие соединения. Присутствие соляной кислоты в количестве даже 1% значительно завышает результат определения железа.

Метод определения железа восстановлением аскорбиновой кислотой.

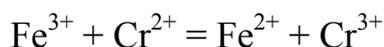
По этому методу трёхвалентное железо восстанавливают аскорбиновой кислотой:



Недостатком метода является применение такого дорогого реактива, как аскорбиновая кислота.

Метод определения железа восстановлением солью двухвалентного хрома.

В основе этого метода лежит реакция восстановления железа избытком двухвалентного хрома:



Затем титруют закисное железо раствором соли четырёхвалентного церия или пятивалентного ванадия в присутствии фенилантраниловой кислоты в качестве индикатора.

Преимущество метода заключается в том, что избыток двухвалентного хрома окисляется кислородом воздуха до трёхвалентной формы.

Комплексонометрическое определение железа с применением сульфосалициловой кислоты в качестве индикатора.

Метод основан на том, что трёхвалентное железо образует с комплексоном III более прочный комплекс, чем с салициловой кислотой. Поэтому по мере титрования индикатор вытесняется из комплекса; в эквивалентной точке титрования комплекс железа с индикатором, который окрашивает раствор в лиловый цвет, полностью разрушается и раствор принимает жёлтую окраску, свойственную комплексу трёхвалентного железа с комплексоном III.

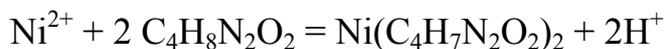
Железо можно определять в присутствии цинка, алюминия, марганца, щелочных и щелочноземельных металлов. Мешает присутствие меди, висмута, тория, циркония, сурьмы.

3.4. Химические методы количественного определения никеля.

3.4.1. Гравиметрические методы. [3]

Метод осаждения никеля диметилглиоксимом.

В основе метода лежит реакция Л. А. Чугаева – осаждение никеля диметилглиоксимом в нейтральном, слабоаммиачном или слабоуксуснокислом растворе в виде комплексного соединения $\text{Ni}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2$:



Даже при небольших количествах никеля осадок диметилглиоксимата быстро коагулирует и легко фильтруется при слабом отсасывании через стеклянный тигель с пористым дном. Только при очень незначительном количестве никеля ($\leq 0,5$ мг) осадок оставляют стоять на ночь.

Осадок высушивают при $110-120^\circ\text{C}$ и взвешивают.

Вследствие малой растворимости осадка, а также низкого гравиметрического фактора этот метод является одним из наиболее точных гравиметрических методов анализа.

Электролитический метод.

Метод основан на выделении никеля электролизом из аммиачного раствора на платиновом катоде. Одновременно могут выделяться медь и кобальт, которые надо определять в отдельных навесках, содержание никеля затем находят по разности. Поэтому электролитический метод применяют при небольшом содержании меди и кобальта по сравнению с содержанием никеля.

Гидроксидный метод.

Никель выделяется из растворов его солей едкими щелочами в виде гидрата окиси $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Аммиаком гидроокись

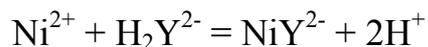
никеля не выделяется, а подобно меди, цинку, кобальту остаётся в растворе в виде аммиачного комплекса $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

Осадок гидроокиси отфильтровывают, промывают водой, сушат и прокаливают до постоянной массы и взвешивают в виде окиси. NiO.

3.4.2. Титриметрические методы. [4]

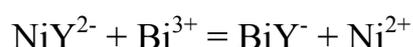
Комплексонометрическое титрование никеля после выделения его диметилглиоксимом.

Получают осадок диметилглиоксимата никеля. Осадок отфильтровывают через бумажный фильтр, тщательно промывают горячей водой и растворяют на фильтре в 9М соляной кислоте, затем фильтр промывают горячей водой. Фильтрат упаривают почти досуха, чтобы при последующем прибавлении аммиака образовывалось как можно меньше аммонийных солей, которые резко ухудшают переход окраски индикатора. Подщелачивают раствор аммиаком по лакмусу, прибавляют смесь мурексида с хлоридом натрия и титруют раствором комплексона до изменения окраски раствора в фиолетовую:



Определение никеля обратным титрованием избытка комплексона раствором нитрата висмута.

Метод основан на том, что никель образует устойчивый комплекс с комплексоном в кислой среде при рН=2, при этих условиях висмут также даёт устойчивый комплексонат. При такой кислотности многие металлы не образуют совсем, либо образуют неустойчивые комплексонаты, из которых вытесняются ионами висмута. Однако комплексонат никеля не реагирует с ионами висмута и реакция:



не происходит при низкой температуре раствора. Поэтому если в раствор при низкой температуре ввести избыток комплексона, достаточный для связывания всех металлов, затем оттитровать избыток комплексона, то все металлы, кроме никеля вытеснятся из комплексонатов ионом висмута.

Индикатором служит пирокатехин фиолетовый, который с ионом висмута даёт темно-синюю, а с комплексоном III жёлтую окраску.

4. Экспериментальная часть.

4.1. Количественный анализ.

4.1.1. Гравиметрическое определение никеля.

Расчёт массы навески.

Осадок диметилглиоксимата — скрытокристаллический, поэтому оптимальная масса осажденной формы 0,1 г. Приблизительное содержание никеля в анализируемом образце — 5%, тогда масса навески для анализа составит:

$$m(\text{навески}) = \frac{m(\text{осадка}) \times F}{\omega(\text{Ni})} = \frac{0,1 \times 0,2032}{0,05} = 0,4064 \text{ г,}$$

где F — гравиметрический фактор.

Взятая для анализа масса сплава составила $m = 0,4014$ г.

Методика.[4]

Реагенты: раствор хлористоводородной кислоты (1:1);

азотная кислота (1:1) и 2М растворы;

винная кислота, кристаллическая;

диметилглиоксим, 1%-ный аммиачный раствор;

аммиак, 10%-ный раствор;

нитрат серебра, 1%-ный раствор.

Выполнение определения. Навеска стружек стали помещается в стакан емкостью 300 мл, приливается 30 мл воды, 25 мл соляной кислоты, 5 мл азотной кислоты (1:1), стакан закрывается часовым стеклом и помещается на песочную баню. При слабом нагревании навеска растворяется и удаляются окислы азота. Если после растворения стали раствор остается мутным (кремнекислота, углерод и др.), то нерастворимый осадок отфильтровывают на

фильтре (белая лента), собирая фильтрат и промывные воды (промывание нерастворимого осадка производится горячей водой) в стакан емкостью 400-500 мл. Если раствор после растворения стали был прозрачным, его количественно переносят в стакан емкостью 400-500 мл.

Прозрачный раствор разбавляется водой до 200 мл, к нему прибавляется 6-8 г винной кислоты (в зависимости от навески) и полученный раствор нагревается до 60-70 °С. После нагревания в раствор вливается 35 мл раствора диметилглиоксима и из бюретки по каплям, при перемешивании, прибавляется раствор аммиака до появления слабого аммиачного запаха. Содержимое стакана нагревается при перемешивании до начала кипения, а затем оставляется при комнатной температуре на 30-60 минут. Затем осадок отфильтровывается в стеклянный фильтрующий тигель, предварительно доведенный до постоянной массы. Оставшиеся в стакане частицы осадка переносятся на фильтр с помощью горячей воды. Промывание осадка горячей водой продолжается до отрицательной реакции на хлорид-ионы в фильтрате (проба производится раствором AgNO_3 , подкисленным 2М азотной кислотой). Фильтрат следует проверить на полноту осаждения прибавлением к нему нескольких капель раствора диметилглиоксима. Тигель с осадком высушивают в сушильном шкафу при 110-120 °С до постоянной массы.

Результаты.

$$m_1(\text{тигля}) = 14,0505 \text{ г}$$

$$m_1(\text{тигля с осадком}) = 14,1323 \text{ г}$$

$m_2(\text{тигля}) = 14,0501 \text{ г}$	$m_2(\text{тигля с осадком}) = 14,1320 \text{ г}$
$m_3(\text{тигля}) = 14,0501 \text{ г}$	$m_3(\text{тигля с осадком}) = 14,1321 \text{ г}$
$m(\text{тигля}) = 14,0501 \text{ г}$	$m(\text{тигля с осадком}) = 14,1321 \text{ г}$

Масса осажденной формы составила $m(\text{осадка}) = 0,0820 \text{ г}$.
 Массовая доля никеля, вычисленная на основании этого результата, составила:

$$\omega(\text{Ni}) = \frac{m(\text{осадка}) \times F}{m(\text{навески})} \times 100\% = \frac{0,0820 \times 0,2032}{0,4014} \times 100\% = 4,15\%$$

4.1.2. Титриметрическое определение железа.

Расчёт массы навески.

Требуется, чтобы на титрование аликвоты исследуемого раствора пошло около 10 мл титранта. Отсюда, предполагая, что содержание железа в стали, как основного компонента, будет составлять величину порядка 90% от общей массы навески, находится масса навески:

$$m(\text{навески}) = \frac{C(m) \times V(m) \times M(\text{Fe}) \times V(\text{колбы}) \times f}{\omega(\text{Fe}) \times V(\text{аликвоты}) \times 1000} = \frac{0,05 \times 10 \times 55,85 \times 100 \times 1}{0,9 \times 10 \times 1000} = 0,3103 \text{ г}$$

где $C(m)$, $V(m)$ — концентрация и объём титранта соответственно, f — фактор эквивалентности железа для протекающей реакции.

Масса навески, взятой для титриметрического определения железа, составила $m(\text{навески}) = 0,3069 \text{ г}$.

Методика. [4]

Реагенты: 0,05 н. раствор $K_2Cr_2O_7$, полученный растворением точно взвешенной навески дважды перекристаллизованного бихромата калия;

HCl, пл. 1,19; 4М и 0,05М растворы;

H_2SO_4 , пл. 1,84;

H_3PO_4 , пл. 1,70;

HNO_3 , пл. 1,40;

Zn, металлический;

индикатор-дифениламин, 1%-ный раствор в H_2SO_4 , пл. 1,84.

Выполнение определения. Точная навеска анализируемого материала помещается в высокий стакан емкостью 300 мл, прибавляется 40 мл 4М HCl, закрывается часовым стеклом и растворяется при нагревании на песочной бане. Затем добавляется 2-5 мл HNO_3 и нагревается далее.

Раствор выпаривается досуха. Остаток обрабатывается 10 мл HCl (пл. 1,19). Операция выпаривания с HCl повторяется два раза, после чего добавляется 4 мл HCl (пл. 1,19) и разбавляется горячей водой примерно до 50 мл. Затем раствор отфильтровывается от нерастворившегося осадка через фильтр (белая лента) в мерную колбу емкостью 100 мл. Фильтр хорошо промывается горячей 0,05М HCl, охлаждается, доводится до метки и перемешивается. Фильтр с осадком выбрасывается.

Пипеткой отбирается аликвота 10 мл исследуемого раствора, переносится в коническую колбу емкостью 100 мл,

добавляется 5 мл HCl (пл. 1,19). Колба закрывается маленькой воронкой, вносится 3-4 гранулы металлического цинка, нагревается на песочной бане (реакция должна идти не слишком бурно) до растворения цинка. Колба охлаждается струей воды под краном, добавляется 3-4 мл H₂SO₄, вторично охлаждается, добавляется 5 мл H₃PO₄, 15 мл воды, 2 капли дифениламина, и раствор медленно титруется раствором бихромата калия до появления сине-фиолетовой окраски раствора.

Результаты.

На титрование аликвот полученного раствора железа (II) израсходовались следующие объёмы раствора дихромата калия:

$$V_1 = 10,15 \text{ мл}$$

$$V_2 = 10,20 \text{ мл}$$

$$V_3 = 10,16 \text{ мл}$$

$$\langle V \rangle = 10,17 \text{ мл}$$

Исходя из полученных данных, вычислялось содержание железа в сплаве:

$$\omega(Fe) = \frac{C(m) \times V(m) \times M(Fe) \times V(\text{колбы}) \times f}{m(\text{навески}) \times V(\text{аликвоты}) \times 1000} \times 100\% = \frac{0,05 \times 10,17 \times 55,85 \times 100 \times 1}{0,3069 \times 10 \times 1000} \times 100\% = 92,55\%$$

4. Выводы.

В ходе проведённого анализа было установлено, что анализируемый объект представляет собой образец стали. В качестве легирующих добавок в исследуемом образце, кроме железа, присутствуют также хром, никель и молибден. Содержание никеля в стали определялось гравиметрически и по результатам анализа была получена величина 4,15%. По результатам титриметрического анализа содержание железа образце составило 92,55%.

5. ЛИТЕРАТУРА.

1. Дымов А. М. Технический анализ. М.: Metallургия, 1964. С. 426-430
2. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. М.: Химия, 1984. 432 с.
3. Коростылёв П. П. Титриметрический и гравиметрический анализ в металлургии. М.: Metallургия, 1985. С. 138-145.
4. Фадеева В.И, Иванов В.М. Практическое руководство по гравиметрии и титриметрии. М: Издательство Московского Университета, 1977. 56с.
5. Белявская Т.А. Практическое руководство по гравиметрии и титриметрии. М: Ньюдиамед, 1996. 164 с.
6. Алимарин И.П. Методы обнаружения и разделения элементов. М: Издательство Московского Университета, 1984. С. 197-200.