

Boxoft Image To PDF Demo. Purchase from
www.Boxoft.com to remove the watermark

Н.С. Свенцицкий

СТИЛОСКОП

|| Н.С. Свенцицкий
СТИЛОСКОП

Н. С. СВЕНТИЦКИЙ

СТИЛОСКОП И ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

УПРОЩЁННЫЕ МЕТОДЫ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА
В ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

ОГИЗ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ЭБ "Научное наследие России" МОСКВА 1948 ЛЕНИНГРАД

АННОТАЦИЯ

Книга содержит богатый экспериментальный материал по визуальному спектральному анализу чёрных и цветных сплавов. В ней рассматриваются стилоскопы различных систем, а также многочисленные методики, выработанные заводской практикой. Книга снабжена множеством рисунков и таблиц и может служить справочным пособием для инженеров и лаборантов-стилоскопистов.

Редактор Ю. М. Иоффе.

Техн. редактор С. Н. Ахламов.

Подписано к печати 16/IX-1948 г. 16,25 печ. л. + 5 вкладок. 21,45 уч.-изд. л.
51 000 тип. зн. в печ. листе. А-07527. Тираж 4 000 экз. Цена книги 13 р. Переплёт 2 р.
Заказ № 888.

3-я типография «Красный пролетарий» треста «Полиграфкнига» ОГИЗа при Совете
ЭБ «Научное наследие народов СССР». Министров СССР. Москва, Краснопролетарская, 16.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Введение	7
А. СТИЛОСКОП И РАБОТА С НИМ	
Глава 1. Описание аппаратуры	12
§ 1. Стилоскоп СЛ-3 (12).—Оптическая система стилоскопа СЛ-3 (16).—Осветительная линза и штатив для постоянного электрода (18).—Размещение приборов стилоскопной установки (21).	
§ 2. Другие типы стилоскопов (23).—Автоколлимационный стилоскоп (23).—Автоколлимационный стилоскоп СЛ-9 (26).—Переносный стилоскоп СЛП-1 (32).—Стилоскоп фирмы Хильгер (37).—Спектроскоп для сталей фирмы Цеффс (40).	
§ 3. Источники света для стилоскопа (43).—Дуга постоянного тока (43).—Активированная дуга переменного тока (45).—Генератор дуги переменного тока для переносного стилоскопа (48).—Конденсированная искра (51).	
§ 4. Некоторые приспособления для стилоскопа	52
§ 5. Уход за аппаратурой	57
Глава 2. Подготовка к анализу. Качественный и количественный анализ	60
§ 6. Подготовка электродов и образцов	60
§ 7. Наблюдение спектра	62
§ 8. Определение длин волн спектральных линий с помощью спектра железа	65
§ 9. Качественный спектральный анализ	67
§ 10. Количественный спектральный анализ (73).—Разработка методики количественного анализа	80
§ 11. Обучение проведению анализов	87
§ 12. Организация цеховых лабораторий для стилоскопа	89
Б. АНАЛИЗЫ ПРИ ПОМОЩИ СТИЛОСКОПА	
Глава 3. Анализ сталей с железным электродом	93
§ 13. Предварительные сведения	93
§ 14. Определение хрома	94
§ 15. Определение вольфрама	96
§ 16. Определение марганца	98
§ 17. Определение ванадия	99
§ 18. Определение молибдена	100
§ 19. Определение никеля	101

Глава 4. Анализ сталей с постоянным медным электродом при возбуждении спектра дугой переменного тока	104
20. Предварительные сведения	104
21. Определение хрома	105
22. Определение вольфрама	106
23. Определение марганца	107
24. Определение ванадия	108
25. Определение молибдена	109
26. Определение никеля	110
Глава 5. Дополнения к методике анализа сталей	112
27. Определение никеля	112
28. Определение кобальта	114
29. Определение молибдена в содержаниях 0,05—0,30%	114
30. Определение титана	115
31. Определение алюминия	116
32. Определение ниобия	117
33. Определение циркония	119
34. Определение кремния	120
35. Определение меди	122
36. Определение малых содержаний ванадия	123
37. Определение хрома в содержаниях 0,8—1,6%	124
Глава 6. Анализ сплавов на медной основе	125
38. Предварительные сведения	125
39. Определение цинка	126
40. Определение никеля	129
41. Определение марганца	130
42. Определение железа	132
43. Определение свинца	134
44. Определение олова	135
45. Определение алюминия	137
46. Определение бериллия	140
47. Определение кремния	140
Глава 7. Анализ сплавов на алюминиевой основе	143
48. Предварительные сведения	143
49. Определение магния	143
50. Определение меди	145
51. Определение марганца	148
52. Определение железа	149
53. Определение кремния и цинка	150
54. Сортировка алюминиевых и магниевых сплавов	152
55. Анализ алюминиевых сплавов с применением медного электрода	156
Глава 8. Прочие применения стилоскопа	157
56. Анализ сплавов на цинковой основе	157
57. Сортировка железо-никель-алюминиевых магнитных сплавов	160
58. Сортировка некоторых сплавов никеля	162
59. Сортировка пермаллоя	163
60. Сортировка победитов	164
61. Сортировка стеллитов	165
62. Определение серы в водных растворах солей и в каменном угле	165
§ 63. Методика количественных определений при взятии пробы электроискровым способом	168

§ 64. Обнаружение углерода в сталях и чугунах	171
§ 65. Анализ газов и газовых смесей	173
§ 66. Перспективы развития применений стилоскопа	174

В. ПРИЛОЖЕНИЯ

ТАБЛИЦЫ

Таблица I. Спектр железа	—
Таблица II. Спектры некоторых металлов	—
Таблица III. Чувствительные линии элементов, расположенные в видимой области спектра	180
Таблица IV. Чувствительные линии элементов, расположенные по длинам волн	188
Таблица V. Длины волн линий железа	192
Таблица VI. Длины волн линий меди	204
Таблица VII. Длины волн линий алюминия	208
Таблица VIII. Длины волн линий цинка	210
Таблица IX. Последние линии	211
Таблица X. Искровой спектр воздуха	215
Таблица XI. Чувствительные канты молекулярных спектров	217
Таблица XII. Спектроскопические признаки для анализа сталей	—
а) Железный постоянный электрод	—
б) Медный постоянный электрод	—
Таблица XIII. Спектроскопические признаки для анализа сплавов на медной основе	—
Таблица XIV. Спектроскопические признаки для анализа сплавов на алюминиевой основе	—
Таблица XV. Линии для анализа сталей	225
Таблица XVI. Оценки для анализа сталей	227
А. Основная методика. Электрод железный	227
Б. Основная методика. Электрод медный	228
В. Дополнения к основной методике	229
Таблица XVII. Линии для анализа сплавов на медной основе	231
Таблица XVIII. Оценки для анализа сплавов на медной основе	232
Таблица XIX. Линии для анализа сплавов на алюминиевой основе	234
Таблица XX. Оценки для анализа сплавов на алюминиевой основе	235
Таблица XXI. Линии для анализа сплавов на цинковой основе	236
Таблица XXII. Оценки для анализа сплавов на цинковой основе	236
Указатель литературы	237
I. Книги и руководства	237
II. Таблицы и атласы спектральных линий	237
III. Журнальная литература	238

ПРЕДИСЛОВИЕ

Стилоскоп — это спектроскоп, специально приспособленный для наблюдения спектров металлов и сплавов. Настоящая книга является руководством по упрощенным методам спектрального анализа в видимой области спектра, получившим в последнее время весьма широкое распространение. Она посвящена изложению методов анализа, не требующих для своего применения фотометрических устройств.

Книга предназначается для работников заводских лабораторий спектрального анализа. В ней описана применяемая аппаратура, изложена техника наблюдения спектров, даны методические указания для проведения качественных и количественных определений и для разработки частных методик анализа. Подробно изложены методики анализа сталей и различных цветных сплавов, указаны также и другие применения стилоскопа. В приложениях приведены таблицы и рисунки, необходимые для проведения количественного и качественного анализов в видимой области спектра.

Приношу глубокую благодарность акад. Г. С. Ландсбергу, по инициативе которого было составлено настоящее руководство, проф. В. К. Прокофьеву и проф. С. Л. Мандельштаму за ценные советы и указания.

Большую помощь при составлении руководства мне оказали критическими указаниями, советами и материалами своих наблюдений следующие лица: С. А. Хршановский, В. Г. Корицкий, К. И. Таганов, Н. А. Фокин, В. Ф. Смирнов, Л. М. Иванцов, М. Ф. Фёдоров, А. М. Шаврин, Л. Я. Хлебникова, А. Р. Стриганов, К. А. Сухенко, Г. И. Кибисов, Л. Е. Брук и Я. П. Белькевич, которым приношу свою благодарность.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Спектроскопический метод анализа сплавов заключается в том, что в их спектре находят характерные линии элементов и по яркости этих линий оценивают содержание искомых элементов.

Лёгкость и быстрота проведения таких наблюдений в видимой области спектра, выполняемых с помощью сравнительно простых спектроскопов, без всяких фотометрических приспособлений, обеспечили быстрое и эффективное внедрение этого метода в промышленность.

Первые практические применения спектрального анализа обычно относят к 1860 г., когда Кирхгоф и Бунзен^[3] опубликовали работу по обнаружению щелочных металлов с помощью спектроскопа. После этого спектроскоп нередко использовали для анализа металлов; однако применение спектроскопа чаще всего имело место только при научных исследованиях и не выходило за пределы лабораторий.

В чисто производственной обстановке спектроскоп был впервые применён в 1923 г. для сортировки предназначенного к переплавке металлического лома^[40]. Был взят спектроскоп с дифракционной решёткой, обладавший достаточной линейной дисперсией для определения никеля и хрома в сталях. Оценки содержания искомых элементов производились путём сравнения их спектральных линий с соседними линиями железа.

Позднее был изготовлен двухпризменный спектроскоп $D=61$, предназначенный для быстрого обнаружения никеля, хрома, кобальта и других металлов в стали^[92]. Спектроскоп имел два окуляра, позволявшие рассматривать две области спектра с характерными линиями определяемых элементов. Впоследствии прибор был реконструирован и выпускался с одним перемещающимся вдоль спектра окуляром, позволявшим рассматривать любую область видимого спектра. Такой спектроскоп был назван стилоскопом.

В 1931 г. появляются отрывочные описания применения стилоскопа на английских предприятиях, но ещё отсутствует методика сортировки сплавов^[93].

В 1933 г., под руководством Г. С. Ландсберга по инициативе

ирован спектроскоп для быстрой сортировки сталей, также получивший название «стилоскоп». Здесь же была разработана первая методика грубо-количественного определения хрома, марганца, ванадия, кобальта, вольфрама, молибдена и никеля в сталях [48].

С этого времени спектроскопический метод сортировки сталей стилоскопом начал успешно применяться на различных предприятиях Советского Союза.

С 1934 г. заводы нашей оптико-механической промышленности начали выпускать стилоскопы. Это обеспечило быстрое внедрение упрощённых методов спектрального анализа в практику производственных предприятий.

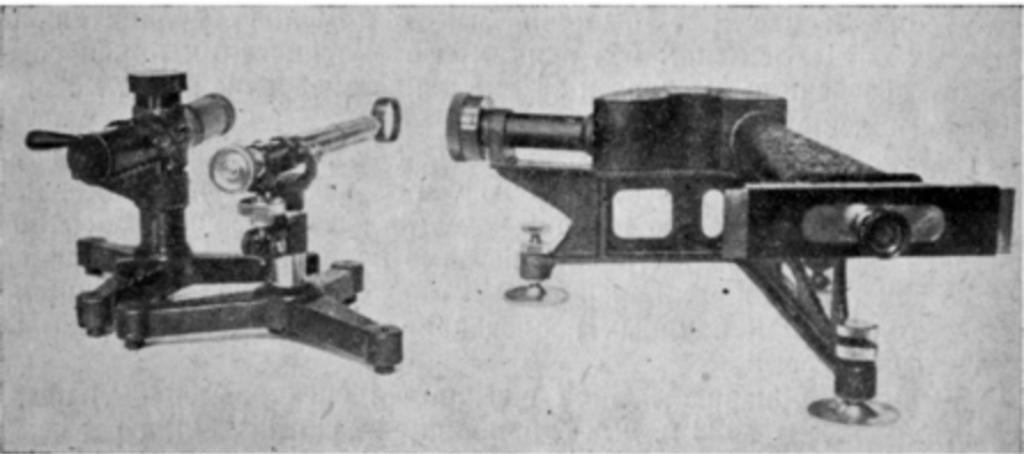


Рис. 1. Общий вид установки стилоскопа.

В настоящее время стилоскоп является самым распространённым спектральным прибором и плодотворно применяется для сортировки сплавов. Вместе с тем продолжается дальнейшее расширение области применения стилоскопа и строятся специализированные приборы, например, переносный стилоскоп, стилоскоп для геолого-поисковых работ и т. п.

Теперь стилоскопом удается анализировать не только стали, но и разнообразные цветные сплавы, твёрдые сплавы, соли, минералы и пр.

В совокупности с некоторыми весьма несложными приспособлениями стилоскоп образует установку для быстрой сортировки сплавов. На рис. 1 представлен внешний вид такой стилоскопной установки. Между испытуемым образцом и железным стержнем зажигается электрическая дуга, её излучение направляется линзой в щель стилоскопа. Наблюдатель, смотря в окуляр, ви-

дит спектр испытуемого сплава. На рис. 2 показан для примера вид спектра стали в области 4800 \AA^*), где расположены линии ванадия. Присутствие линий $4875,49$ и $4881,56 \text{ \AA}^{**}$) указывает на наличие ванадия в испытуемом образце стали. Сравнивая по яркости эти линии с соседними линиями железа, можно оценить содержание ванадия в пробе. Например, равенство яркостей линии ванадия $4875,49$ и линии железа $4878,22$ характеризует содержание ванадия в $0,5\%$. Подобным образом можно обнаружить и другие элементы. При этом не требуется отбирать пробу, подобно тому как это делают при химическом анализе. Электродом дуги могут служить готовая деталь, заготовка, слиток металла и пр.

В электрической дуге в пространстве между испытуемым образцом и другим электродом протекают сложные физические и химические процессы. Вещество электродов испаряется и поступает в пламя дуги, где под воздействием весьма высокой температуры, достигающей $5000-9000^\circ \text{C}$, атомы вещества излучают свет; длины волн излучаемого света различны для атомов различных элементов. Рассматривая возникающее свечение с помощью спектроскопа (в данном случае стилоскопа), мы видим спектр вещества, содержащегося в пламени дуги, т. е. систему светлых спектральных линий. Расположение, цветность, яркость и количество этих линий зависят от атомов, присутствующих в пламени дуги. Например, атомы цинка дают бедный линиями спектр, в котором видны красная линия и три синие; атомы железа излучают очень сложный спектр, содержащий много линий. Из таблицы II ***), где изображены спектры некоторых металлов,



Рис. 2. Пример картины одной из областей спектра стали, видимой в стилоскопе.

*) Å— ангстрем — единица, принятая для измерения длин световых волн.

$1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см.}$

**) Здесь и ниже длины волн спектральных линий приведены в соответствии с таблицами Гаррисона [2].

***) Римскими цифрами занумерованы таблицы, помещенные в приложениях.

хорошо видны эти различия. Обнаруживая характерные линии в спектре анализируемого вещества, мы тем самым устанавливаем его химический состав.

Несмотря на то что при спектральном анализе, как уже говорилось, происходят сложные физические и химические процессы, наблюдение спектра не представляет больших затруднений, хотя и требует от лаборанта достаточного внимания.

Производимые при этом операции весьма просты и занимают сравнительно немного времени. Так, например, анализ образца на 5—6 элементов занимает не более 2—3 мин.

Точность определений, конечно, невелика: получающиеся погрешности в среднем достигают $1/5$ измеряемой величины, но обычно это не является препятствием для установления марок большинства сталей и других сплавов. В отдельных случаях точность может быть значительно повышена.

Применения стилоскопа очень многообразны. Стилоскоп приносит большую пользу при контроле сплавов, поступающих на предприятие. Устанавливаемый вблизи пунктов приёмки материала стилоскоп осуществляет либо сплошной контроль металла, либо контроль партий сплавов, внушающих подозрение. Стилоскоп на складах предупреждает перепутывание материала, контролируя его при поступлении.

Весьма полезно применение стилоскопа на шихтовых дворах и в пунктах сортировки металлического лома.

Несомненно рационально использование стилоскопа в производственных цехах металлообрабатывающих заводов. Здесь можно чрезвычайно просто организовать как выборочный, так и сплошной контроль материалов в самых разнообразных звеньях технологического процесса, подвергая анализу готовые изделия, полуфабрикаты, заготовки и т. п.

Можно привести много примеров эффективности применения стилоскопа на промышленных предприятиях; остановимся здесь только на трёх, весьма характерных для спектроскопических методов контроля.

1. На одном из заводов^[68] с помощью стилоскопов был рассортирован скопившийся годами на складах и площадях завода обезличенный металл (отходы производства, прокат, детали и т. п.). В результате этой работы, продолжавшейся около четырёх месяцев, был установлен химический состав нескольких тысяч тонн металла. Попытки провести подобную работу другими методами сделались неоднократно и ранее, но не имели успеха. Только с внедрением стилоскопа удалось паспортизовать и пустить в производство огромные залежи омертвленного металла.

2. На другом заводе^[69] с помощью стилоскопа контролировались все ответственные детали изготавливавшихся машин; при этом уже через пять месяцев после широкого внедрения стилоскопа

доля забракованных деталей снизилась с 12 до 0,5%. Рационально расставленные по ходу технологического процесса контрольные стилоскопные пункты без труда задерживали неполноточные детали и заготовки к ним, что и привело к значительному улучшению качества продукции.

3. Для сортировки металлического лома был сконструирован переносный стилоскоп, позволяющий производить сортировку непосредственно у мест хранения, переработки и погрузки металла. Только в процессе опытной эксплоатации такого прибора было рассортовано 600 т металла [79].

Неоценимые услуги оказывает стилоскоп в химических или иных лабораториях, выполняя предварительные анализы.

Кроме того, стилоскоп можно употреблять как обычный спектроскоп для всякого рода спектрально-аналитических работ, и он находит широкое применение в научно-исследовательских и учебных лабораториях.

А. СТИЛОСКОП И РАБОТА С НИМ

ГЛАВА I ОПИСАНИЕ АППАРАТУРЫ

§ 1. Стилоскоп СЛ-3

Для визуального качественного и грубо-количественного спектральных анализов металлов и сплавов пригодны самые разнообразные спектроскопы нужной дисперсии, однако чаще всего применяются специально приспособленные для работы в заводских условиях стилоскопы, описание которых изложено в этой главе. Наибольшее распространение получил стилоскоп СЛ-3.

Стилоскоп СЛ-3 представляет собой спектроскоп, обеспечивающий достаточную быстроту и удобство проведения наблюдений при анализе сплавов в заводских условиях.

В конструкции спектрального прибора особо предусмотрена защита от повреждений и загрязнений оптических деталей. Отдельные узлы прибора жёстко связаны между собой; тщательное закрепление деталей сохраняет неизменность юстировки прибора.

Внешний вид стилоскопа СЛ-3 представлен на рис. 3. На станине 1, снабжённой тремя установочными винтами, размещены: коллиматор, корпус, зрительная труба и окулярное устройство. Коллиматорная труба 2 несёт щель и объектив. Щель 3 состоит либо из двух ножей, расстояние между лезвиями которых равно $0,03 \pm 0,003$ мм, либо из стеклянной пластинки, покрытой слоем серебра, в котором прочерчен штрих такой же ширины. Ножи устанавливаются при сборке и закрепляются. При эксплоатации прибора изменение ширины щели обычно не допускается. Для предохранения от пыли щель закрыта крышкой со стеклянным окошком. Корпус 4 содержит диспергирующие и поворотную призмы. Призмы прочно закрепляются в своих оправках, которые привинчиваются внутри корпуса 4. Установка их производится при сборке и ни в коем случае не должна быть изменена в процессе эксплоатации. Призмы закрываются кожухом, плотно соединяющимся с коллиматором и камерой. Камера зрительной трубы 5 в своей части, обращённой к призмам, имеет объектив, с другого конца к ней прикреплено окулярное устройство 6,

позволяющее перемещать окуляр 7 на салазках вдоль спектра и фокусировать окуляр на различных областях спектра. Фокусировка осуществляется вращением накатанного кольца на окуляре 7.

Для удобства работы в комплекте прибора предусмотрено наличие окуляров двух различных увеличений — $20\times$ и $12,5\times$. Окуляр большего увеличения ($20\times$) применяется при изучении богатых линиями спектров (стали и т. п.); окуляр меньшего увеличения ($12,5\times$) удобен при анализе цветных сплавов. Изменение

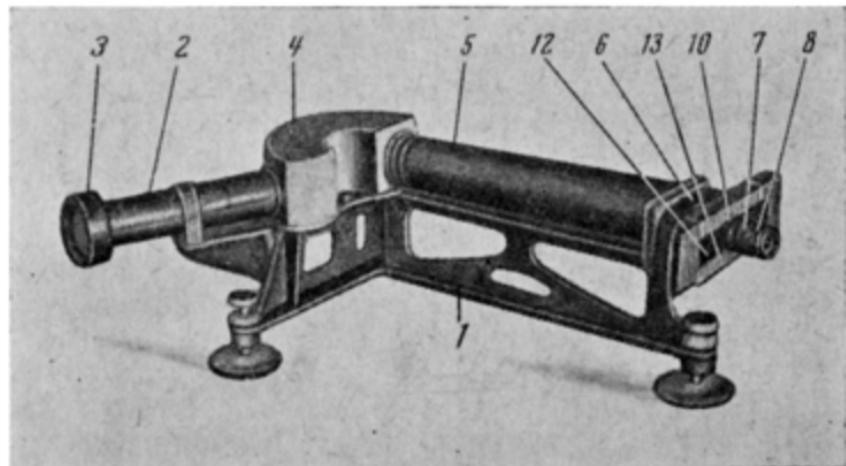


Рис. 3. Внешний вид стилоскопа СЛ-З.

увеличения окуляра производится путём замены одной глазной линзы на другую. Для этого надо проделать следующее.

Вращением накатанного кольца влево окуляр подают несколько вперёд (к себе). Придерживая накатанное кольцо одной рукой и взявшись другой рукой за наглазник 8, осторожно свинчивают его с резьбы. Затем на освободившуюся резьбу навинчивают другой наглазник. Следует убедиться в том, что при навинчивании наглазник дошёл до упора, так как только в этом случае будет достигнута требуемая резкость спектра.

Перед навинчиванием сменного наглазника следует тщательно осмотреть линзы окуляра (как наружную в наглазнике, так и внутреннюю в подвижном патрубке окуляра) и убедиться в их чистоте. Если линзы загрязнены, то пыль и грязь осторожно и тщательно удаляются платком и кисточкой, которые обычно прилагаются к стилоскопу. Снятый с прибора наглазник с линзой помещается в специальное гнездо ящика стилоскопа. Гравировка « $20\times$ » или « $12,5\times$ » на наружной поверхности наглазника обозначает увеличение окуляра прибора, снабжённого данной глазной линзой.

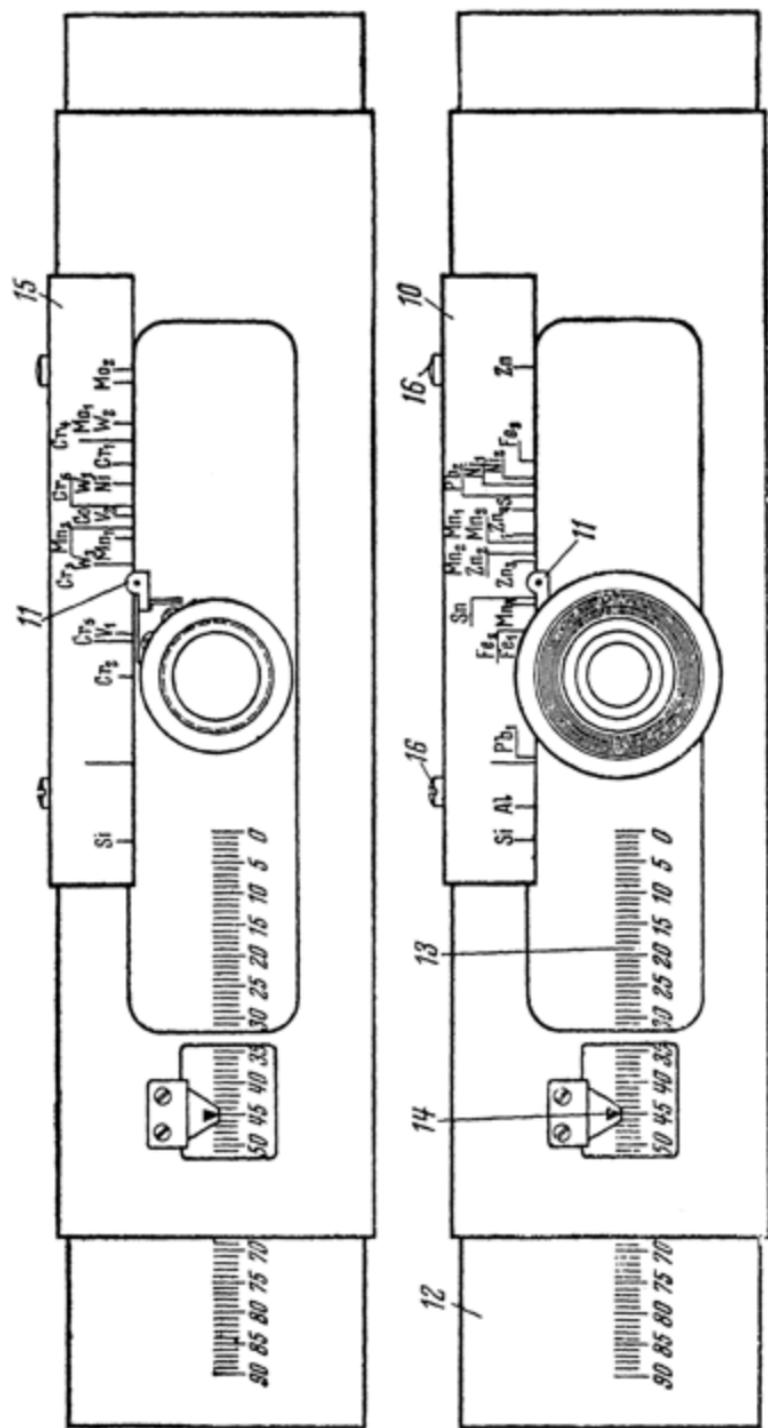


Рис. 4. Окулярная часть стилоскопа СЈЛ-3 со сменными шкалами.

Установка наглазников одного стилоскопа на другой недопустима вследствие индивидуальной пригонки окуляров. Поэтому, для предотвращения перепутывания глазных линз различных стилоскопов, следует обращать внимание на номера наглазников, которые должны соответствовать номерам приборов в данных комплектах.

Чтобы избежать загрязнения внутренней части окуляра, не следует оставлять его открытым; один из сменных наглазников всегда должен быть навинчен на патрубок окуляра.

Окулярное устройство и предохранительная планка защищают прибор от попадания внутрь пыли. Планку необходимо оберегать от повреждений (зазубрин, вмятин и т. д.), так как эти дефекты нарушают плавность перемещения окуляра.

На крышке окулярного устройства сверху посредством двух винтов укрепляется верхняя шкала 10 (рис. 3) с выгравированными на ней символами химических элементов. К прибору прилагаются две сменные верхние шкалы 15 и 10 (рис. 4). Шкала 15 применяется при сортировке легированных сталей; шкала 10 служит для сортировки цветных сплавов на медной основе.

Для смены верхней шкалы необходимо, с помощью отвертки, ослабить (не вывинчивая совсем) винты 16 и, несколько приподняв и сдвинув шкалу, снять её и положить на место в ящик. При установке сменной шкалы следует осторожно одеть шкалу на головки винтов 16 и сдвинуть её в сторону. Затем движением окулярного ползуна 12 совместить 16-е деление миллиметровой шкалы с указателем 14 и продольным перемещением верхней шкалы привести её безымянную риску (соответствующую $\lambda_{min} = 4045,82 \text{ \AA}$) к совпадению с верхним наружным указателем 11. Тщательно проверив совпадение указателей и сохраняя это положение во время дальнейших операций, следует осторожно завинтить винты 16 до отказа, однако не слишком пережимая их. Так как правильное расположение сменной шкалы имеет существенное значение, то после закрепления её следует ещё раз убедиться в совпадении указателей с соответствующими делениями шкалы.

Смену шкалы следует производить только в том случае, когда предстоит достаточно длительная работа со сплавами, соответствующими устанавливаемой шкале. Если же приходится анализировать образцы чёрных и цветных сплавов вперемежку, то целесообразнее устанавливать окуляр с помощью миллиметровой шкалы, ибо частые смены шкал 10 и 15 непроизводительно увеличивают продолжительность анализов.

С помощью указателя 11 можно устанавливать окуляр на деления верхней шкалы. При совпадении указателя с нанесённой на верхней шкале риской символа какого-либо элемента, в поле зрения окуляра видна область спектра, в которой расположены спек-

тральные линии, применяемые для анализа данного элемента. В поле зрения окуляра находится указатель в виде острия, которое можно устанавливать на отдельные спектральные линии.

На окулярный ползунок 12 нанесена миллиметровая шкала 13, имеющая деления от 0 до 90. Отсчёт по этой шкале производится с помощью бокового наружного указателя 14. Пользуясь этой шкалой и дисперсионной кривой (рис. 5), можно устанавливать окуляр на нужную область спектра.

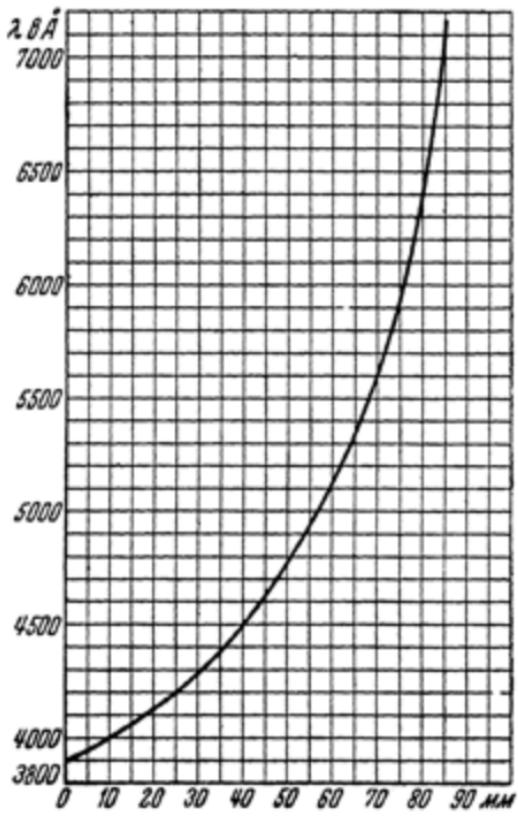


Рис. 5. Дисперсионная кривая стилоскопа СЛ-3.

Дисперсионную кривую полезно уточнить по спектральным линиям известных длин волн, устанавливая на эти линии указатель в окуляре и производя отсчёт по боковой шкале. Тогда с помощью указателя и кривой можно устанавливать требуемую область спектра с точностью до 0,5 мм боковой шкалы.

Оптическая система стилоскопа СЛ-3 [12]. Оптическая схема стилоскопной установки представлена на рис. 6, где: 1 — источник света, 2 — осветительная или, так называемая, конденсорная линза, 3 — защитная стеклянная пластина перед щелью, 4 — щель,

5, 6 и 7 — диафрагмы, задерживающие рассеянный свет, 9 — объектив коллиматора, 10 — призма полного внутреннего отражения, назначение которой состоит в повороте выходящих из коллиматора лучей на 90° (что даёт удобный для работы угол между осями коллиматора и зрительной трубы), 11 — диспергирующая система, состоящая из трёх призм, 12 — объектив зрительной трубы, 13 — внутренняя линза окуляра, 14 — наружная глазная линза

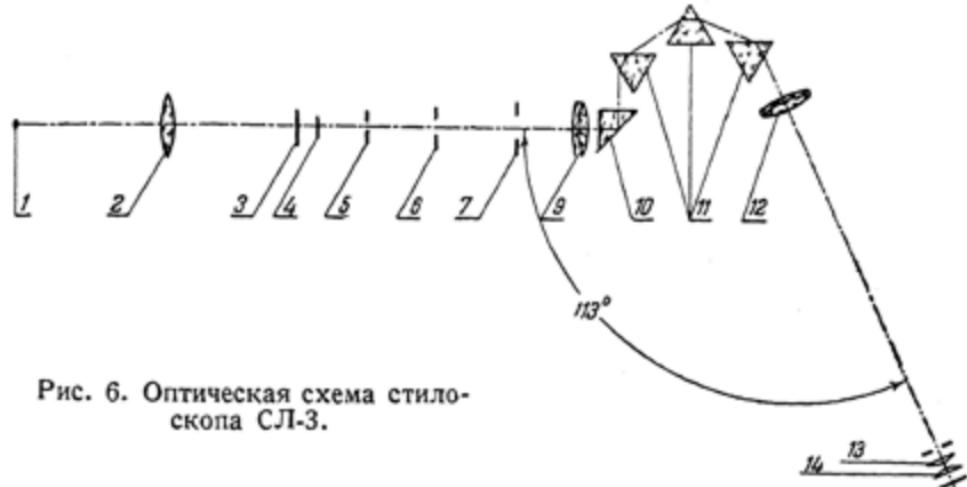


Рис. 6. Оптическая схема стилоскопа СЛ-З.

окуляра, сменой которой достигается изменение увеличения окуляра и, следовательно, всей зрительной трубы.

Ниже приведены оптические данные стилоскопа СЛ-З.

Диапазон спектра:

расчётный — от 3890 \AA до 7080 \AA (см. рис. 5),

рабочий — от 3890 \AA до 6700 \AA .

Коллиматор:

Ширина щели $0,03 \text{ м.м.}$

Объектив — двухлинзовый ахромат с фокусным расстоянием 190 м.м. ; диаметр свободного отверстия 28 м.м.

Диспергирующая система:

Число призм — 3.

Преломляющие углы призм — 60° .

Сорт стекла — тяжёлый флинт (ТФ-1) с показателем преломления $= 1,6475$.

Угловая дисперсия — для расчётного диапазона

$(3890—7080 \text{ \AA})$ — $12^\circ 46'$, для сред-

ней области $(4341 \text{ \AA} — 5893 \text{ \AA})$ — $6^\circ 09'$.

Диспергирующая система установлена на минимум отклонения для длины волны $\text{Fe } \lambda = 4045,82 \text{ \AA}$.

Зрительная труба:

Объектив — двухлинзовый ахромат с фокусным расстоянием 380 м.м.; диаметр свободного отверстия 38 м.м.

Поле зрения угловое — $1^{\circ}05'$,
 » » линейное — 7 м.м.

Окуляр 20× — фокусное расстояние 12,4 м.м., размеры выходного зрачка $0,7 \times 0,9$ м.м.

Окуляр 12,5× — фокусное расстояние 20 м.м., размеры выходного зрачка $1,2 \times 1,5$ м.м.

Описанная оптическая система разрешает (т. е. допускает раздельное наблюдение в окуляр) следующие пары спектральных линий:

в зелёной области спектра . . . Fe 5079,24 и Fe 5079,75 Å;

в жёлто-зелёной области спектра Cr 5409,79 и Fe 5410,91 Å;

в красной области спектра . . . Fe 6136,62 и Fe 6137,70 Å.

Стилоскоп СЛ-3 является усовершенствованной моделью ранее выпускавшегося стилоскопа СЛ-1 образца 1934 г.^[13].

Стилоскоп СЛ-1 не имеет принципиальных особенностей по сравнению с описываемым прибором, но отличается от него следующим:

1. Рабочая область спектра со стороны коротких длин волн ограничивается 3950 Å.

2. Объектив коллиматора имеет фокусное расстояние 122 м.м.

3. Имеется только один окуляр 20×.

4. Нет дополнительной сменной шкалы для анализа цветных сплавов.

5. Нет указателя спектральных линий в поле зрения окуляра.

Освещительная линза и штатив для постоянного электрода.

Освещительная линза служит для равномерного освещения щели стилоскопа и для увеличения яркости спектра. Линза 1 с фокусным расстоянием 60 м.м. (рис. 7) укреплена в штативе специальной конструкции, снабжённом массивным основанием 4. Вращением маховиков 2 и 3 можно перемещать линзу в горизонтальном и вертикальном направлениях в плоскости, перпендикулярной оптической оси коллиматора.

Такое устройство позволяет смещать линзу, не отрываясь от наблюдения спектра, и тем сохранять равномерное освещение и достаточную яркость спектра при небольших смещениях электрической дуги относительно оси стилоскопа.

Перемещением линзы можно, в некоторых пределах, компенсировать начальную неточность в установке исследуемых образцов, что иногда имеет место при работе с тяжёлыми слитками,

большими деталями и пр. Однако перемещением линзы можно исправлять освещение только при сравнительно небольших отклонениях источника света от его нормального положения. Необходимо избегать значительных отклонений источника света от оптической оси коллиматора, ибо в этих случаях требуемое перемещение осветительной линзы вызывает ухудшение качества изображения спектра.

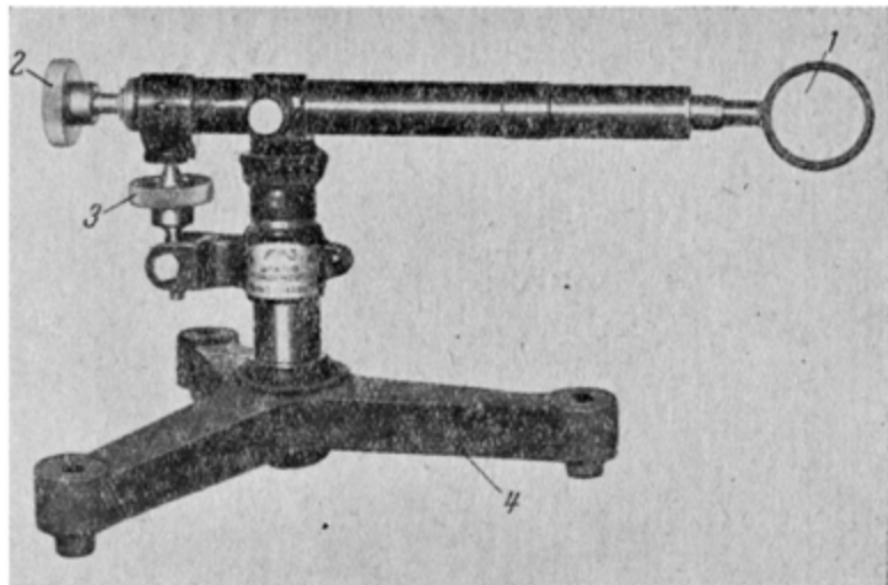


Рис. 7. Осветительная линза со штативом.

При горении электрической дуги разбрасываются мелкие брызги расплавленного металла и его окислов. Эти брызги могут попасть на линзу и, со временем, испортить её. Это особенно хорошо заметно, если анализу подвергаются стружки, проволоки или тонкие листы металла, которые быстро оплавляются и сильно разбрызгиваются. В результате обращённая к дуге поверхность линзы покрывается большим количеством тёмных точек, и необходимо производить замену осветительной линзы. Для предупреждения порчи линзы целесообразно защищать её со стороны дуги стеклянной пластинкой, удерживаемой проволочным каркасом, связанным с держателем линзы.

При анализе сплавов стилоскопом одним электродом дуги является испытуемый образец, а другим — так называемый стандартный или постоянный электрод, который обычно представляет собой стержень из металла, составляющего основу сплава.

Так, например, при анализе сталей берут железный электрод, при анализе латуней — медный и т. д. Наименования «стандарт-

ный» или «постоянный» подчёркивают требование, чтобы электроды для анализа определённого типа сплавов имели одинаковые размеры, форму и химический состав.

На рис. 8 изображён штатив, предназначенный для укрепления постоянных электродов в форме стержней диаметром 7—10 мм и длиной 250—300 мм. Чтобы закрепить электрод в этом штативе, необходимо, поворачивая вверх рукоятку 1, открыть трубку штатива и заложить внутрь неё электрод так, чтобы конец его выступал из отверстия 2 на определённую величину. После этого вращением головки 3 электрод прочно зажимается в штативе. Штатив сконструирован таким образом, что при работе установки

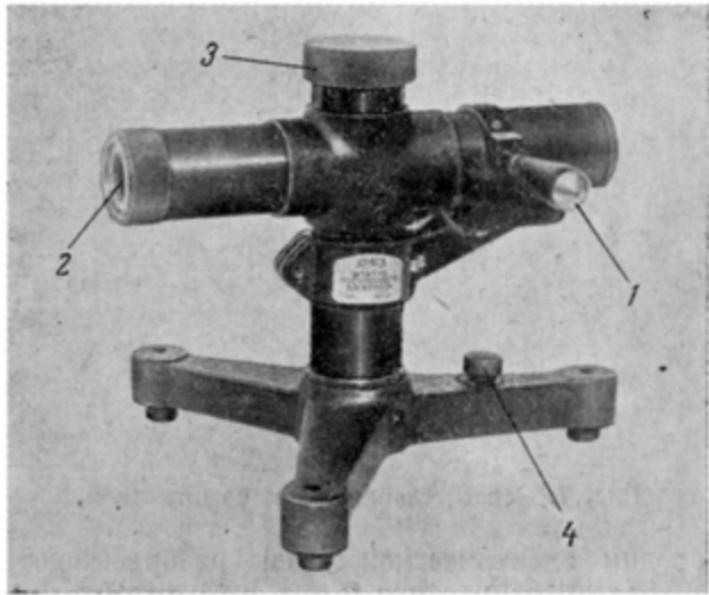


Рис. 8. Штатив постоянного электрода.

ни одна из наружных частей, кроме выступающего конца электрода, не находится под напряжением.

При повороте рукоятки 1 автоматически размыкается цепь дуги, что предохраняет работника от поражения током в том случае, если во время смены электрода основной выключатель почему-либо не был выключен. Однако назначение этого приспособления только в предохранении; им нельзя пользоваться для гашения дуги, которое выполняется только посредством основного выключателя установки.

Для подводки тока к электроду служит клемма 4. Положение источника света определяется концом постоянного электрода, поэтому при установке электрода необходимо возможно тщатель-

нее воспроизводить его положение. В штативе описываемой конструкции стержень электрода должен быть выдвинут из трубки 2 на 50 мм, что достигается весьма просто с помощью шаблона 5 (рис. 9), изготовленного из металлической пластиинки. Стержень электрода 1 выдвигается до соприкосновения с ребром 6 шаблона 5, упёртого концом в трубку 2. После этого электрод закрепляется зажимом штатива и шаблон удаляется.

Размещение приборов стилоскопной установки. На рис. 10 представлена схема расположения приборов: 1 — стилоскоп, 2 — штатив осветительной линзы, 3 — штатив постоянного электрода, 4 — испытуемый образец, закреплённый в держателе, 5 — реостат для регулировки тока, 6 — амперметр, показывающий силу тока дуги. Приборы размещаются на прочном столе, высота которого должна составлять 90—95 см.

Приборы, входящие в оптическую систему установки (т. е. стилоскоп и штативы осветительной линзы и постоянного элек-

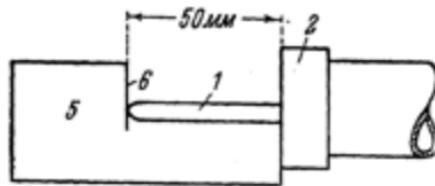


Рис. 9. Установка постоянного электрода с помощью шаблона.

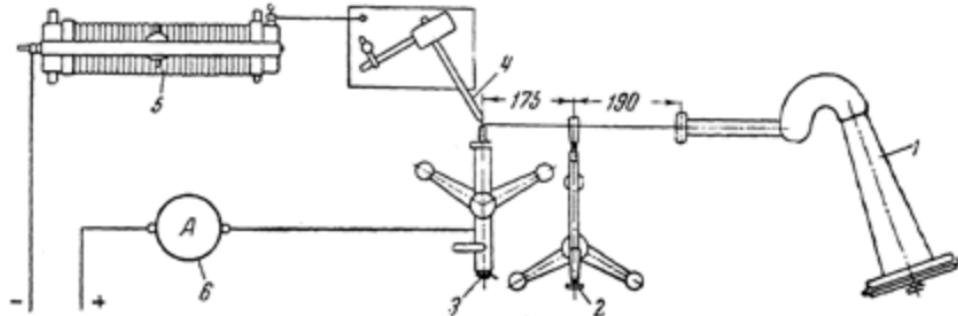


Рис. 10. Схема расположения приборов установки стилоскопа СЛ-3.

труда), должны быть установлены особо тщательно, ибо от этого зависит качество изображения спектра. Для облегчения правильного размещения приборов, к каждой установке завод-изготовитель обычно прилагает чертёж-план, на котором в натуральную величину размечены положения стилоскопа, штатива осветительной линзы и штатива постоянного электрода. Разложив этот чертёж на столе или разметив на поверхности стола положение приборов, можно без труда расставить их и укрепить шурупами. Однако установка приборов по чертежу ещё не гарантирует правильного расположения конца постоянного электрода на оптической оси коллиматора, поэтому необходимо с помощью установочных винтов выровнять стилоскоп горизонтально [поместив уровень на

крышку корпуса 4 (рис. 3)] и установить таким образом, чтобы конец постоянного электрода и середина щели стилоскопа находились в одной горизонтальной плоскости.

При правильном размещении приборов всё поле зрения окуляра целиком заполнено спектром и ограничено резко очерченными краями. Срезания спектральной картины не должно наблюдаться. При этом светлое пятно от пучка лучей, направляемого в стилоскоп осветительной линзой, должно быть симметрично защитному окошку щели стилоскопа.

Если вспомогательный чертёж, по которому устанавливаются стилоскоп и штативы, почему-либо утрачен, то приборы размещают следующим образом:

- 1) придвигают штатив с постоянным электродом к коллиматору стилоскопа и устанавливают последний горизонтально, добиваясь в то же время, чтобы конец постоянного электрода был на уровне середины щели или середины защитного окошка щели. Требуемые при этом перемещения стилоскопа производятся при помощи установочных винтов;

- 2) устанавливают штатив с постоянным электродом так, чтобы конец последнего был расположен приблизительно по оси коллиматора и отстоял от щели на расстоянии 360 мм *);

- 3) зажигают дугу и, рассматривая спектр в окуляр, слегка смещают стилоскоп влево и вправо, добиваясь наибольшей яркости спектра; если при этом яркость спектральных линий будет неодинакова по их длине, то необходимо с помощью установочного винта, расположенного под коллиматором, слегка наклонить стилоскоп, чтобы получить равномерное освещение щели;

- 4) отыскав наилучшее положение, устанавливают на расстоянии 190 мм от щели **) осветительную линзу так, чтобы светлый кружок располагался симметрично щели стилоскопа.

Если окажется, что наилучшее качество изображения и наибольшая яркость спектра получаются при каком-то ином положении осветительной линзы, т. е. когда светлый кружок располагается несимметрично щели, то это будет означать, что источник света неправильно установлен относительно стилоскопа. В этом случае необходимо убрать осветительную линзу и более внимательно повторить операции по установке. Когда будет достигнуто правильное расположение стилоскопа и штативов, они привинчиваются к столу шурупами, чем заканчивается подготовка к работе.

Большинство стилоскопов СЛ-3 имеют щель в виде узкого штриха, прочерченного в металлическом слое, нанесённом на стеклянную пластинку. Таким образом, пластинка со щелью является

*). Для стилоскопа СЛ-1 это расстояние равно 250 мм.

**). В стилоскопе СЛ-1 линза устанавливается на расстоянии 50 мм от щели.

зеркалом, отражающим свет дуги, который, пройдя линзу, даёт изображение дуги на продолжении оптической оси коллиматора.

Поместив за дугой в стороне, противоположной щели, экран (белую дощечку или картонку), мы получим на нём либо изображение дуги, либо светлый круг с теневой проекцией электродов.

Если на экране очертить правильное положение дуги или электродов, то такой экран поможет контролировать воспроизведимость установки электродов при их смене.

§ 2. Другие типы стилоскопов

Автоколлимаціонный стилоскоп. Наряду со стилоскопами типа СЛ-3 и СЛ-1 довольно широкое распространение получили автоколлимаціонные стилоскопы *).

Конструкция автоколлимаціонного стилоскопа разработана в 1941 г. Л. М. Иванцовым [115]. На рис. 11 представлен внешний вид прибора, а на рис. 12 — его оптическая схема. Оптическая система стилоскопа находится в коробке 7, закреплённой на массивной подставке. Из коробки выступают: патрубок 1 со щелью, окуляр 6 и рукоятка 8, которой приводят в поле зрения окуляра нужную область спектра.

В конструкции автоколлимаціонного стилоскопа, так же как и в ранее описанной модели СЛ-3, предусмотрены требуемая дисперсия, удобство работы и пр., но оптическая схема прибора (рис. 12) своеобразна и отлична от схемы СЛ-3. Свет от источника поступает через щель 1, шириной около 0,02 мм, проходит через ахроматизованный объектив 2 с фокусным расстоянием около 120 мм и падает параллельным пучком на призмы 3. Одна из призм — шестидесятиградусная, другая — тридцатиградусная; у последней призмы грань, соответствующая большему катету, покрыта зеркальным слоем. Пучок света, пройдя обе призмы,

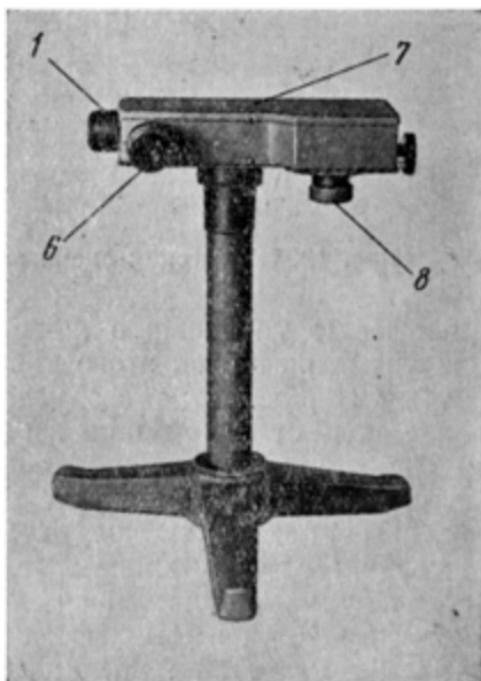


Рис. 11. Внешний вид автоколлимаціонного стилоскопа.

*). Такие установки изготавливаются оптическими мастерскими Техснаба АН СССР и оптической лабораторией НИИФ МГУ.

отражается от зеркальной грани и проходит через те же призмы в обратном направлении. Таким образом, эта диспергирующая система равнозначна трём шестидесятиградусным призмам. Диспергированный пучок проходит через тот же самый объектив 2, который в этом случае уже является объективом зрительной трубы. Прямоугольная призма 4 поворачивает световые лучи на 90° и направляет их в окуляр 6, через который и рассматривают спектр. В поле зрения окуляра имеется указатель в виде острия для установки на отдельные спектральные линии. Между призмой 4 и окуляром помещена отрицательная линза 5, которая увеличивает фокусное расстояние объектива 2, что, в свою очередь,



Рис. 12. Оптическая схема автоколлимационного стилоскопа.

приводит к увеличению линейной дисперсии прибора. В большинстве стилоскопов этого типа система из объектива 2 и линзы 5 имеет эквивалентное фокусное расстояние около 200 мм.

Переход от одной области спектра к другой достигается по-воворотом тридцатиградусной призмы рукояткой 8 (рис. 11). В последующих моделях прибора вместо рукоятки 8 имеется расположенный под окуляром барабан со шкалой, которую можно проградуировать в длинах волн и пользоваться ею для отыскания нужных областей спектра.

Дисперсионные призмы изготовлены из стекла ТФ-3; высота призм 20 мм, длина преломляющей грани 40 мм, призмы установлены на минимум отклонения для области спектра 5000 Å.

Автоколлимационный стилоскоп выгодно отличается от стилоскопа СЛ-3 своей компактностью. Здесь достигнута требуемая дисперсия при наименьшем числе и объеме оптических деталей, что приводит к значительной экономии оптического стекла. Наблюдение различных областей спектра достигается перемещением последнего относительно неподвижного окуляра, а не наоборот, как это имеет место в приборе СЛ-3 и ему подобных; в этом также сказывается преимущество автоколлимационного стилоскопа. Следует еще добавить, что оптическая система автоколлимационного стилоскопа поднята над поверхностью рабочего стола до вы-

соты 300—310 мм, так что с таким прибором работать удобнее, чем со сравнительно невысокими СЛ-1 и СЛ-3.

Недостатком автоколлимационного стилоскопа является присутствие небольшого количества рассеянного света. Но этот недостаток не является столь значительным, чтобы создавать крупные помехи при наблюдении спектров. Рассеянный свет оказывается только при рассматривании крайней фиолетовой области, создавая светлый фон.

Держатель постоянного электрода и конденсорная линза 2 (рис. 13) укреплены на общем штативе 1. Винтами 3 и 4 можно перемещать осветительную линзу в двух направлениях, перпендикулярных к оптической оси стилоскопа. Стержнеобразный постоянный электрод 5 помещают в трубку 6 и закрепляют винтом 7. Со штативом связан откидной шаблон (на рис. 13 он не виден), с помощью которого постоянный электрод выдвигается из защитной трубки 6 на требуемую величину.

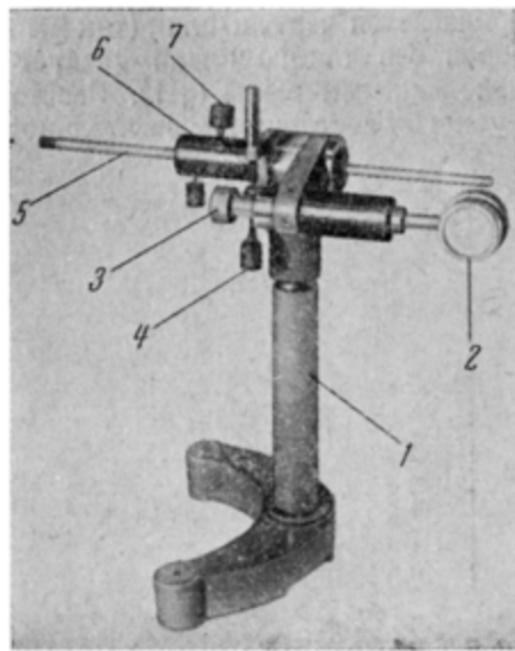


Рис. 13. Держатель постоянного электрода и конденсорная линза.

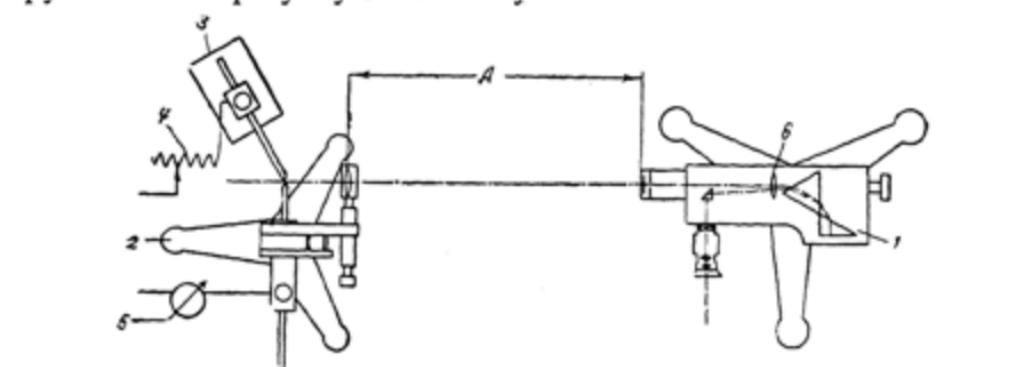


Рис. 14. Схема расположения приборов установки автоколлимационного стилоскопа.

Приборы размещаются на прочном столе высотой около 75—80 см. Схема расположения приборов изображена на рис. 14, где: 1—стол; 2—штатив постоянного электрода, 3—штатив с

анализируемым образцом, 4 — реостат для регулировки силы тока, 5 — амперметр. На рис. 15 представлен общий вид установки (здесь цифры обозначают то же, что на рис. 14).

Для облегчения размещения приборов к каждому комплекту прилагается чертёж-план (так же как к СЛ-3). При установке приборов без такого плана следует руководствоваться указаниями, изложенными выше (§ 1). Расстояние A (рис. 14) зависит от фокусного расстояния осветительной линзы и в различных приборах

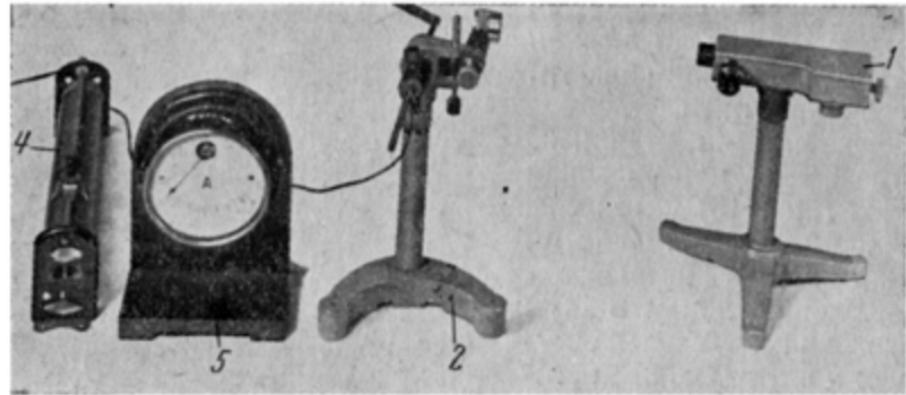


Рис. 15. Внешний вид установки с автоколлимационным стилоскопом.

несколько неодинаково; если оно неизвестно, то следует размещать приборы таким образом, чтобы изображение дуги попадало на линзу коллиматора б (рис. 14).

Нужно отметить, что в этой установке осветительная линза располагается обычно очень близко от дуги, и поэтому защита линзы от разбрызгиваемого дугой металла особенно желательна.

Автоколлимационный стилоскоп СЛ-9. Практика работы с описанными выше стилоскопами показала, что отсутствие в установках удобного штатива для анализируемых проб, неудобное расположение управляемых частей установки и отсутствие жёсткой связи между штативами, линзой и стилоскопом создают определённые затруднения, особенно заметные при массовых анализа.

Поэтому значительным шагом вперёд явилась новая конструкция стилоскопной установки, разработанная В. Ф. Смирновым^[77]. Эта установка принята к изготовлению на заводах оптико-механической промышленности под наименованием «СЛ-9».

На рис. 16 изображён внешний вид стилоскопа СЛ-9.

Стилоскоп состоит из спектрального аппарата с осветительной линзой, столика для проб и держателя сменных дисковых или цилиндрических электродов. Все детали установки смонтированы на общей плате, являющейся станиной прибора.

Спектральный аппарат представляет собой автоколлимационный спектроскоп, позволяющий наблюдать любой участок видимой области спектра в пределах от 3890 до 7000 Å*).

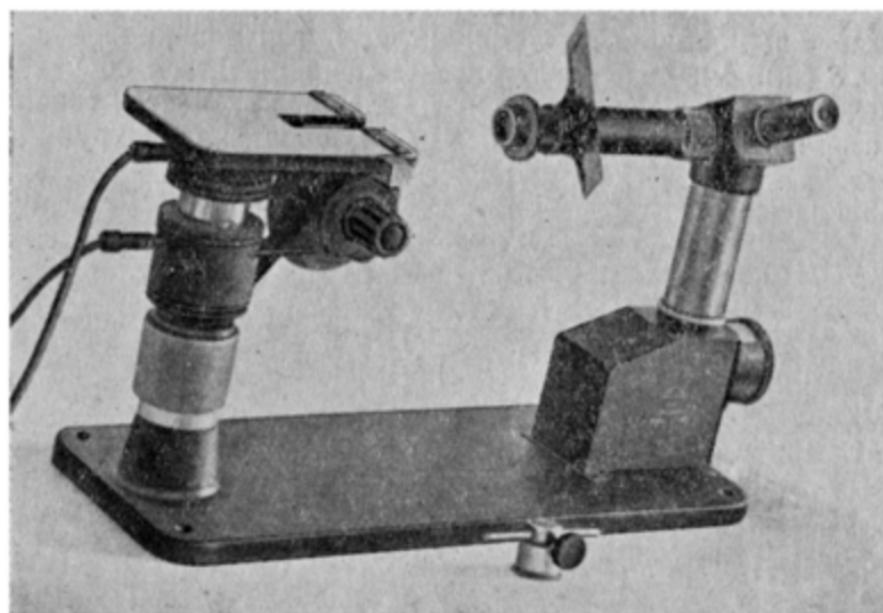


Рис. 16. Внешний вид стилоскопа СЛ-9.

Оптическая схема прибора приведена на рис. 17. Данные элементов схемы следующие:

угловая дисперсия в среднем положении призмы 5 составляет для линий С и F**) $6^{\circ}19'27''$;
призмы 5 и 6 изготовлены из стекла сорта ТФ-3;
основание призм 50 мм;
окуляр 8 имеет фокусное расстояние 12,5 мм;
окуляр 9 имеет фокусное расстояние 18 мм;
фокусное расстояние объектива 4—225 мм, свободное
отверстие 30 мм; фокусное расстояние осветитель-
ной линзы 1—58,3 мм, свободное отверстие 22 мм.

Свет от дуги, пройдя осветительную линзу 1, концентрируется на щели стилоскопа 2. Далее призма 3 направляет свет на объектив 4.

Лучи падают на объектив 4 от каждой точки щели и выходят из него параллельным пучком, который направляется на

*) В первой партии приборов пропускается область спектра от 4000 до 6700 Å

**) С—“Фраунгофера” линия водорода 6562 Å; F—4861 Å.

диспергирующие призмы 5 и 6, где происходит разложение света в спектр.

Большой катет призмы 6 посеребрён; отражаясь от него, лучи вновь проходят в обратном направлении призм 6 и 5, чем достигается удвоение дисперсии прибора. Далее лучи вновь проходят объектив 4 и попадают на призму 7, которая направляет их в окуляр 8 (или 9); через этот окуляр и наблюдается спектр.

Спектральный аппарат состоит из следующих частей (рис. 18): конденсорной трубы 33, головки 34, объективной трубы 35,

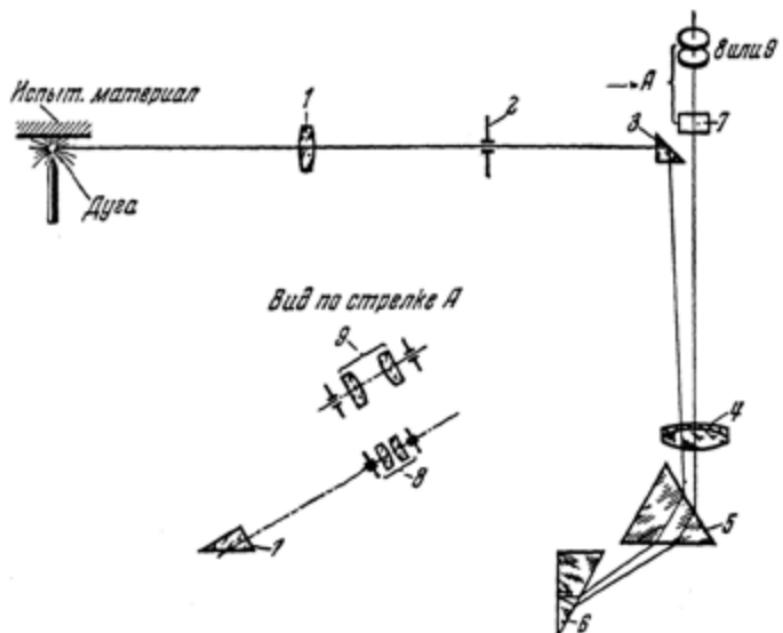


Рис. 17. Оптическая схема стилоскопа СЛ-9.

коробки с призмами 12 и окуляра. В конденсорной трубке 33 смонтированы осветительная линза 1 и щель 2. Осветительная линза посажена в оправе эксцентрично. Это позволяет поворотом оправы конденсора 37, не отрываясь от наблюдения спектра, добиваться равномерного освещения и достаточной яркости поля зрения при смещении дуги относительно оси спектрального аппарата.

На трубке 33 гайкой 39 закреплён щиток 40, защищающий при работе глаза от яркого света дуги. В щите имеется стеклянная пластина из тёмного стекла, через которую можно рассматривать дугу.

Щелью 2 служит штрих шириной 0,025 мм, прочерченный в серебряном слое, покрывающем стеклянную пластинку. Для защиты серебряного слоя приклеена вторая стеклянная пластина; такая щель неподвижно закреплена в трубке 33.

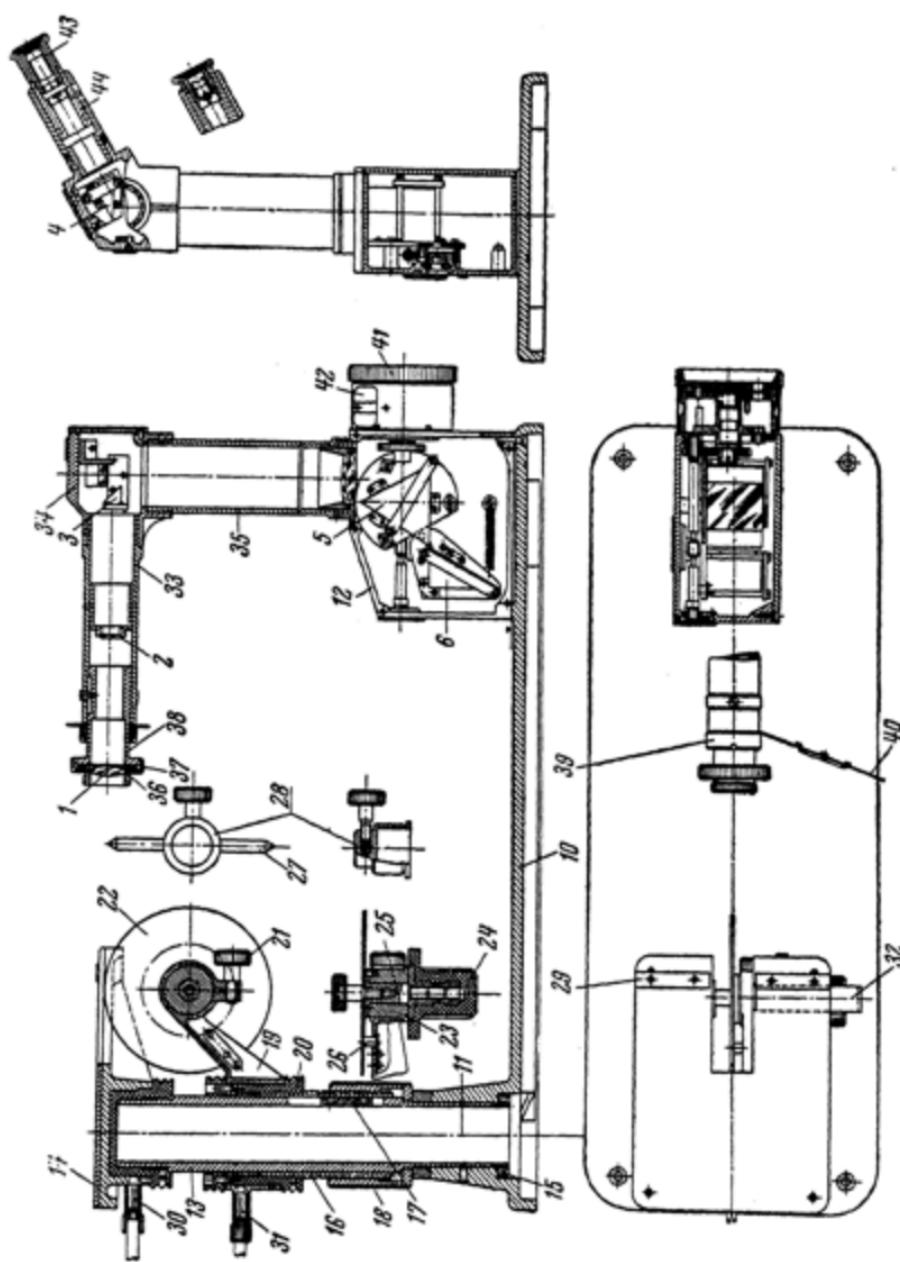


Рис. 18. Конструкция стилоскопа СЛ-9.

Головка 34 содержит в себе две отражающие призмы 3 и 4. Призма 3 направляет лучи, идущие от щели, в спектральный аппарат, а призма 4 направляет лучи, прошедшие через диспергирующие призмы, в окуляр.

Корпус головки имеет три нарезных отверстия, с помощью которых к головке присоединяется трубка конденсора и окуляра; сама головка присоединяется к трубке объектива 35.

Трубка объектива содержит в себе неподвижно закрепленную оправу с объективом. В коробке призм 12 находятся две диспергирующие призмы 5 и 6. Призма 5 с оправой закреплена неподвижно. Призма 6 вместе со своей оправой смонтирована в корпусе так, что может поворачиваться посредством маховичка 41. При этом в поле зрения окуляра перемещается спектр.

С маховичком 41 соединён барабан 42, имеющий равномерную шкалу с ценой одного деления в 1° . С помощью этой шкалы по предварительно составленной градировке можно подводить необходимую область спектра в центр поля зрения окуляра. Вторая половина барабана не имеет шкалы, и ею можно пользоваться для особых пометок, что удобно при обучении работе на стилоскопе.

Окуляр 43 ввёрнут в оправу 44 и вместе с ней может перемещаться вдоль оси трубы для фокусировки изображения спектральных линий. В центре поля зрения окуляра помещён указатель. Для удобства работы в комплект прибора входят два окуляра с различными увеличениями. Окуляр большего увеличения — 20^{\times} — применяется при изучении богатых линиями спектров (сталей и т. д.), окуляр меньшего увеличения — 14^{\times} — удобен при анализе цветных сплавов. При замене окуляров их следует поворачивать до упора в бортик. Перед ввёртыванием окуляра следует убедиться в чистоте его линз. В случае загрязнения линз, пыль и грязь осторожно и тщательно удаляются с помощью фланелевой салфетки и кисточки.

Стойка 13 при помощи гайки 15 неподвижно соединена со станиной 10. На стойке 13 насыжена втулка 16, которая соединена со стойкой при помощи шпонки 17 так, что втулка может перемещаться вверх и вниз относительно стойки при вращении муфты 18.

Кронштейн 19 закреплён на втулке 16 посредством втулки 20. Втулка 20 изготовлена из пластмассы и электрически изолирует кронштейн от стойки.

В кронштейне 19 винтом 21 закрепляется держатель дискового электрода 22. Втулка держателя 23 закрепляется в кронштейне винтом 21. Вращением маховичка 24 диск поворачивается перед каждым анализом. Диск удерживается в 25-ти положениях с помощью имеющихся в оси 25-ти углублений и шарика,

прижимаемого пружиной. Фиксатор 26 фиксирует полный оборот диска и напоминает о необходимости его смены.

При работе со стержневым электродом 27 в кронштейн 19 вместо держателя дискового электрода закрепляется держатель 28 для стержневого электрода. Стойка 13 несет столик для проб 14, также электрически изолированный от стойки с помощью пластмассовой втулки. На столике помещается исследуемый образец. Для правильного расположения исследуемой пробы на столике относительно постоянного электрода служит сменный упор 29. Выдвижной шаблон 32 служит для правильной установки величины междуэлектродного промежутка (3 мм).

Ток к анализируемому образцу подводится через столик с помощью контакта 30; ток к постоянному электрому подводится с помощью контакта 31.

Изоляция столика и кронштейна постоянного электрода рассчитана на напряжение до 25 000 в, и, таким образом, допускается применение как дуги переменного или постоянного тока, так и конденсированной искры с эффективным напряжением до 12 000 в.

Стилоскоп СЛ-9 поставляется потребителю в полностью подготовленном к работе виде. При получении прибора с завода необходимо вынуть прибор из упаковочного ящика, произвести наружный осмотр и удалить пыль с внешней поверхности конденсорной линзы и линз окуляра. Пыль удаляется кисточкой и салфеточкой, прилагаемыми к прибору. Далее, включают дугу и просматривают весь спектр от фиолетовой до красной области, проверяя фокусировку во всех областях. Одновременно по линиям 5191,46 и 5192,35 Å проверяется разрешающая способность прибора. Отсутствие спектра или недостаточно хорошая резкость спектральных линий указывают на повреждения оптической системы, для устранения которых необходимо обратиться к специалисту.

Техника проведения анализа такая же, как и со стилоскопами других конструкций, обращение со стилоскопом СЛ-9 значительно проще, нежели с установками без жесткой связи между источником света, линзой и спектроскопом.

Участок поверхности пробы, который должен подвергнуться анализу, выбирается с таким расчётом, чтобы он мог попасть на плоскость столика. Он предварительно зачищается от краски, окалины и т. д. на наждачном камне или напильником.

При закладке на столик образец следует доводить до упора 29 (рис. 18). Если приходится иметь дело с анализом больших партий однотипных деталей, то целесообразно изготовить специальный упор, подобрав его форму и размеры соответственно конфигурации деталей.

Столик прибора рассчитан на пробы весом до 5—10 кг. При анализе проб большого веса или прокатного материала (например, длинных прутков) целесообразно изготавливать те или иные специализированные поддерживающие приспособления (см. § 4).

Выбор постоянного дискового или стержневого электрода производится в соответствии с характером анализа. Дисковый электрод перед каждым анализом должен быть повернут на один зубец так, чтобы при анализе использовался свежий участок диска. После 25 анализов диск снимается и заменяется другим. Использованные диски зачищаются напильником. При закладке в прибор нового диска необходимо поворотом муфты 17 подвести край диска до соприкосновения с шаблоном 32. При работе со стержневым электродом перед каждым анализом его нужно заменять вновь зачищенным. Установка электрода в держатель каждый раз производится с помощью выдвижного шаблона 32.

При наблюдении спектра необходимо путём поворота оправы конденсорной линзы получить наибольшую яркость поля зрения; в процессе анализа эта яркость всё время поддерживается небольшими поворотами оправы, чем компенсируется «бегание» дуги. При наблюдении каждой группы линий необходимо тщательно фокусировать спектр, добиваясь резкого и чёткого изображения линий, что достигается поворотом маховичка окуляра.

Переносный стилоскоп СЛП-1. При анализе крупных слитков металла, тяжёлых изделий, металлического лома и т. п. значительное затруднение представляет доставка испытуемого образца к стилоскопу. В таких случаях целесообразнее подводить прибор к анализируемому объекту, а не наоборот. На некоторых заводах уже несколько лет назад такой приём применялся со стилоскопами СЛ-1*). Но совершенно очевидно, что целесообразнее иметь специальный портативный переносный стилоскоп. Идея такого прибора и основные положения конструкции его были предложены С. А. Хршановским [95]. Независимо от этого под руководством С. Л. Мандельштама был сконструирован и построен переносный стилоскоп, изготавляемый оптическими мастерскими Техснаба АН СССР [78]. Кроме того, в НИИФ МГУ В. Ф. Смирновым также была разработана конструкция переносного стилоскопа [77]. Наибольшее распространение получил стилоскоп Московского Института стали им. И. В. Сталина, выпускавший в несколько видоизменённом виде заводом под наименованием СЛП-1.

*). Л. Е. Брук успешно проводила анализы различных изделий большого габарита, устанавливая стилоскоп на портативной подставке. Е. А. Рацбаум установил стилоскоп на тележке и производил анализы крупных объектов. Я. С. Седов для этой же цели установил стилоскоп на специальном штативе [70].

Этот прибор специально рассчитан на анализ крупногабаритного металла, металлического лома, громоздких агрегатов, крупных поковок, деталей машин и т. д. непосредственно на месте, где расположены объекты анализа: на скраповых дворах, свалочных полях, в цехах, складах и т. п.

По принципу действия прибор аналогичен автоколлимационному стилоскопу. Прибор даёт возможность определять все основные легирующие элементы в сталях: хром, никель, вольфрам, ванадий, молибден, кремний и марганец. Углерод, сера и фосфор при помощи переносного стилоскопа не определяются. Возможно также применение прибора для анализа цветных и лёгких сплавов.

Анализ производится без взятия пробы; исследуемый объект при этом почти не повреждается и может быть использован после анализа по своему прямому назначению.

Продолжительность анализа на 5—6 элементов составляет около 3 мин. Производительность прибора зависит от организации работы и оборудования рабочей площадки и доходит до 100—120 анализов за восьмичасовой рабочий день.

Точность анализов достаточна для определения марки металла.

Прибор может применяться в любых производственных условиях, в том числе и на открытом воздухе *). Необходимо лишь наличие электрической сети переменного тока напряжением в 100—220 в.

Переносный стилоскоп применяется на металлургических заводах: для сортировки легированного скрапа и отделения его от нелегированного, для анализа слитков, поковок, проката в соответствующих цехах. На машиностроительных заводах он успешно применяется для анализа громоздких агрегатов и деталей машины без их разборки.

Область применения прибора далеко не исчерпывается перечисленными здесь случаями. Каждая отрасль промышленности, имеющая в той или иной форме дело с металлом, может найти новые объекты для эффективного применения переносного стилоскопа.

Стилоскоп (см. ниже рис. 20 А и В) состоит из так называемой «осветительной головки» и автоколлимационного спектроскопа.

Оптическая схема прибора изображена на рис. 19. Свет от дуги, пройдя через защитные стёкла 1 и 2, направляется поворотной призмой 3 на осветительную линзу 4, которая концентрирует свет на щели 5. Прошедший через щель свет падает на объектив 6. Последний превращает пучок лучей, расходящийся из щели, в параллельный и направляет его на диспергирующие призмы 7, 8, где происходит разложение света в спектр. Большой катет призмы 8 посеребрён; отражаясь от него, лучи вновь

*) В сухую погоду.

ЭБ "Научное наследие России"

проходят в обратном направлении диспергирующие призмы 7 и 8. Затем, снова пройдя объектив 6, пучок лучей превращается в сходящийся и, благодаря небольшому наклону отражающей гра-

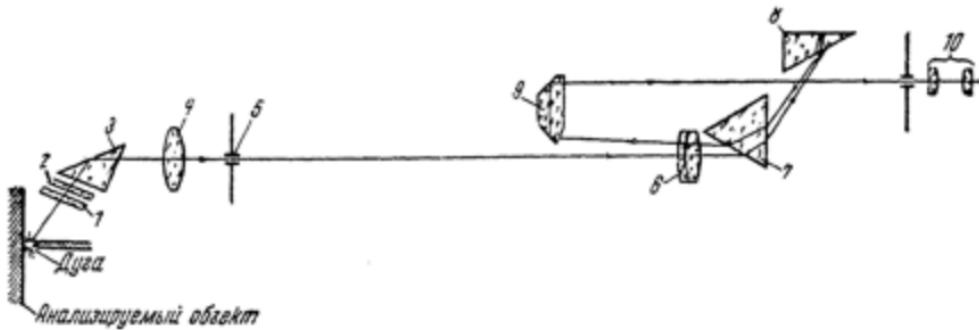


Рис. 19. Оптическая схема переносного стилоскопа.

ни призмы 8, попадает на поворотную призму 9, которая направляет его через промежуток между призмами 7 и 8 в окуляр 10.

Оптические характеристики прибора таковы:

диапазон спектра (расчетный)	3890—7080 Å;
увеличение системы	11,2 ^х ;
поле зрения	1°15' × 32';
объектив — двухлинзовый ахромат	$f = 322,2 \text{ мм}$;
окуляры (сменные)	$f_1 = 28,8 \text{ мм}$ и $f_2 = 14 \text{ мм}$;
осветительная линза	$f = 583 \text{ мм}$;
ширина щели	0,03 мм.

Диспергирующие призмы из стекла ТФ-3 установлены на минимум отклонения для длины волны — 4705,7 Å.

Защитные стекла 1, 2, поворотная призма 3 и конденсорная линза 4 находятся в корпусе головки. Наружное сменное защитное стекло 1 ограждает от порчи внутреннее постоянное защитное стекло 2, задерживая брызги расплавленного металла.

Когда наружное стекло покроется пятнами настолько, что светопроницаемость его уменьшится на 30—50%, оно заменяется новым.

На конце головки имеется штифт 11 (рис. 20 А), служащий для упора прибора в анализируемый объект, что создаёт устойчивость во время работы, а также для подводки к объекту одного из полюсов электрической сети. Головка изолирована от остальной части прибора изолятором 12. Сбоку в изоляторе укреплена стальная втулка 13, в которую вставляется сменный постоянный электрод 14. Положение последнего устанавливается при помощи откидного шаблона 16. Закрепляется электрод винтом 15 (рис. 20 В).

Электрический ток от генератора подводится к головке и постоянному электроду при помощи двух проводов 17 и 18, про-

ходящих через рукоятку 25. Изолятор 12 соединён с трубой 21, которая вместе с коробкой 19 составляет спектральный аппарат. В трубе закреплена щель прибора, а в коробке расположены объектив и призмы.

Снаружи коробки находятся: окуляр 20 с резиновым наглазником 22, защищающим глаз от попадания постороннего света, маховик 23 со шкалой 24, предназначенный для перемещения спектра в поле зрения прибора путём поворота призмы 8 (рис. 19), рукоятка 25, служащая для удерживания прибора во время работы;

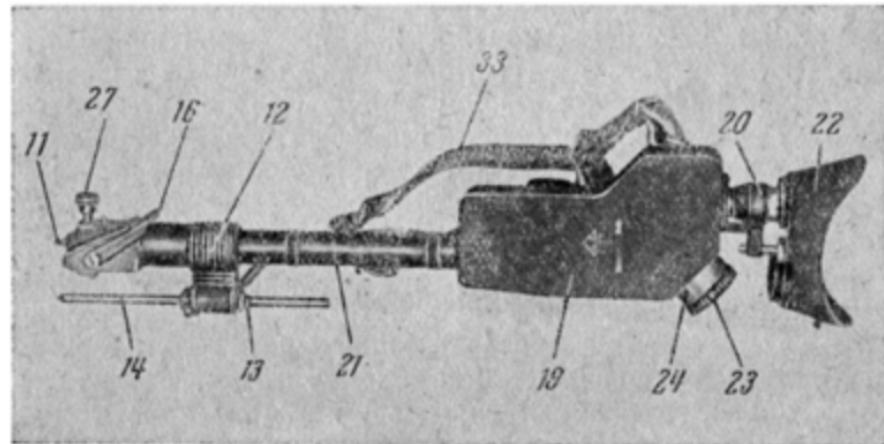


Рис. 20 А. Внешний вид переносного стилоскопа СЛП-1 со стержневым постоянным электродом.

на рукоятке 25 имеются пусковая кнопка генератора 31 и предохранительная собачка 32.

Для анализа мелких деталей и листового материала к прибору прилагаются: 1) сменный башмак 26, который надевается на головку и крепится к ней при помощи винта 27; 2) медный дисковый электрод 28, укрепляемый на держателе 29, который вставляется вместо стержневого электрода во втулку 13. При помощи рукоятки 30 производится вращение дискового электрода на определённый угол.

Ремень 33 служит для переноски прибора на шее наблюдателя.

В комплект переносного стилоскопа входят также электроточило и генератор, представляющий собой специальное устройство для получения электрической дуги (см. § 3).

Электроточило служит для зачистки на анализируемом объекте небольшой площадки размером около $2 \times 2 \text{ см}^2$, в пределах которой производится анализ. Зачистку эту необходимо производить для того, чтобы удалить с анализируемого участка краску, окалину, а также поверхностный слой металла, который в

результате различного рода обработок может иметь состав, отличный от состава основной массы.

Электроточило представляет собой переносный электромотор с наждачным камнем, укреплённым на валу.

Методика наблюдения спектра и проведения анализа с помощью переносного стилоскопа практически та же самая, что и при работе со стационарным стилоскопом. Она описана ниже, в главе 2. Однако в деталях работа с переносным стилоскопом имеет некоторые особенности, о которых уместно кратко упомянуть.

Участок территории, на котором производятся анализы, должен быть оборудован однофазной электрической сетью переменного тока напряжением 120 или 220 в, рассчитанной на силу тока до 10 а (может быть использована обычная осветительная проводка). В различных точках должны быть сделаны отводы, легко доступные для подключения аппаратуры. Размещение отводов необходимо сделать с таким расчётом, чтобы при длине питающего кабеля в 10 м можно было подвести стилоскоп к любой точке территории, на которой производятся анализы.

Отводы желательно выполнять в виде рубильников; однако зажимы на концах кабеля допускают также подключение непосредственно к оголённым проводам, предохранителям и т. д.

На анализируемом объекте выбирают участок, расположенный, по возможности, горизонтально, и на нём при помощи электроточила зачищают квадратную площадку около 4 см². Зачистку нужно производить до полного уничтожения следов краски, окалины и других пороков поверхности объекта (трещин, раковин).

Если предполагается, что анализируемый объект проходил термическую обработку, вызывающую выгорание некоторых элементов в поверхностном слое, то последний должен быть также удалён при зачистке.

На расстоянии 5 см от края основной площадки зачищается вторая площадка размером около 1 см² для штифта 11, причём здесь достаточно удалить лишь краску и окалину.

После того как все подготовительные работы закончены и прибор готов для проведения анализа, стилоскоп, который наблюдатель держит правой рукой за рукоятку 25 (рис. 20 В), приближают к объекту с таким расчётом, чтобы штифт 11 упёрся в меньшую из зачищенных площадок, а электрод оказался бы против середины большой площадки.

Затем большим пальцем правой руки отпускают предохранительную собачку 32, указательным пальцем нажимают рычаг пусковой кнопки 31 и одновременно наклоняют прибор влево до тех пор, пока не загорится дуга.

Если она не загорится вплоть до самого соприкосновения электрода с объектом, следует выключить ток, отпустив рычаг кнопки (он в процессе работы должен всё время удерживаться

в нажатом положении), и проверить правильность включения прибора и исправность генератора, после чего вновь произвести перечисленные выше операции.

Когда дуга загорится, наблюдают спектр в окуляр и, вращая левой рукой маховичок 23, выводят на середину поля зрения нужную область спектра. Затем, вращая той же рукой окулярное кольцо 20, добиваются максимальной резкости изображения

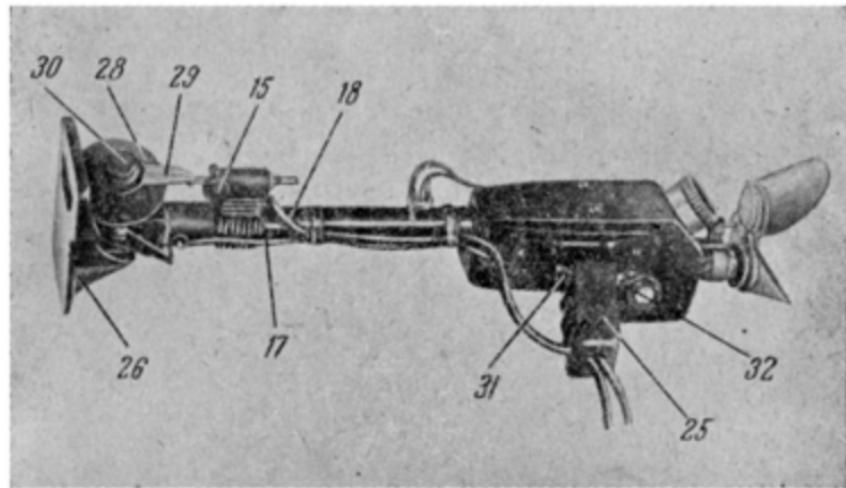


Рис. 20 В. Внешний вид переносного стилоскопа СЛП-1 с дисковым постоянным электродом.

спектральных линий. Если яркость спектра и резкость линий всё же оказываются недостаточными, то прибор слегка наклоняют вправо и влево и вращают его вокруг оси, не выводя, однако, дуги за пределы защищенной площадки и не удаляя конца электрода больше чем на 4—5 мм от поверхности объекта (не растягивая дугу), чем и добиваются требуемой яркости спектра. Аналогичным образом поступают при анализе в случае ухудшения видимости спектра вследствие «бегания» дуги.

Отрегулировав прибор, приступают к наблюдению спектральных линий и оценке их интенсивностей.

По окончании анализа прибор выключают, отпустив рычаг кнопки, и ставят его на предохранитель.

Стилоскоп фирмы Хильгер. Из приборов, изготавляемых за границей, мы остановимся на описании стилоскопа Хильгера и спектроскопа для сталей Цейсса. Хильгеровские стилоскопы являются довольно распространёнными приборами, цейссовские же встречаются значительно реже. Нужно отметить, что для визуального спектрального анализа можно пользоваться также и другими приборами иностранных фирм, но описаний их

мы здесь не приводим; укажем только, что любой спектроскоп с необходимой линейной дисперсией может быть успешно применён в лабораторных условиях как стилоскоп для анализа сплавов.

На рис. 21 изображён стилоскоп Хильгера^[96]. В коробке 1 расположены диспергирующие призмы, 2 — коллиматорная труба, 3 — зрительная труба, 4 — окуляр, укреплённый на пластине 5, которая может передвигаться вдоль спектра, что даёт возможность рассматривать различные его области. Пластина 5

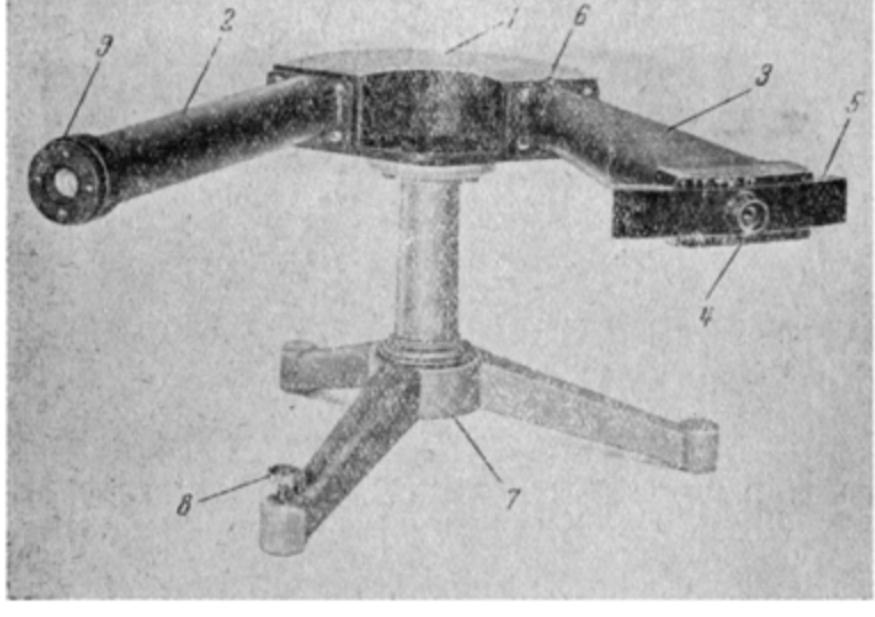


Рис. 21. Стилоскоп Хильгера.

снабжена указателем, позволяющим быстро устанавливать окуляр на определённые области спектра, в которых находятся наиболее чувствительные спектральные линии для определения хрома, титана, вольфрама, молибдена, кобальта и меди. В этих положениях пластина с окуляром удерживается пружинящим шариком. Для правильной ориентации глаза при наблюдении спектров имеется риска 6. Если наблюдатель смотрит по направлению линии, соединяющей центр окуляра с риской 6, то спектральная линия определяемого элемента находится в середине поля зрения окуляра; она может быть легко отождествлена с линией на соответствующей фотографии или рисунке, где эта линия тоже находится в середине.

Весь прибор укреплён на массивной станине 7 с одним установочным винтом 8, который располагается под трубой колли-

матора и позволяет в небольших пределах регулировать по высоте положение щели относительно источника света. Ширина регулируемой щели 9 (около 0,02 мм) устанавливается при сборке прибора. Непосредственно перед щелью помещена осветительная линза с фокусным расстоянием 11 см, которая жестко укреплена на коллиматорной трубе.

Объективы коллиматора и зрительной трубы имеют фокусные расстояния около 30 см. Диспергирующая система состоит из двух постоянно закрепленных шестидесятиградусных призм

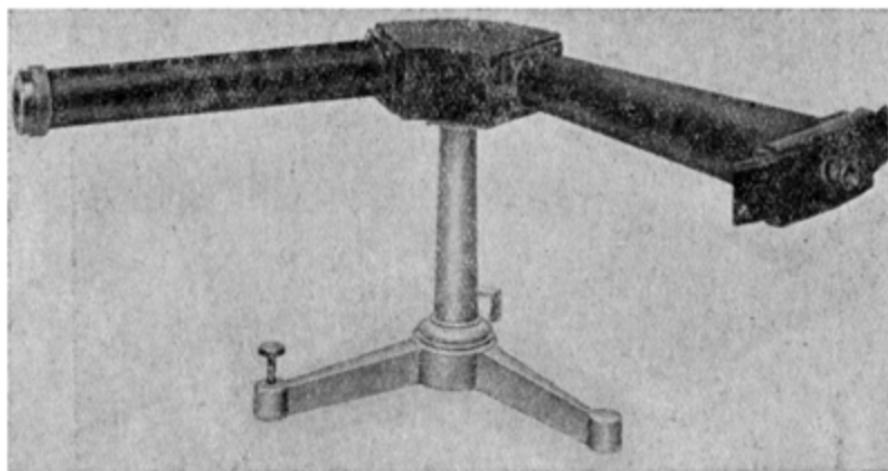


Рис. 22. Спектроскоп Хильгера для анализа цветных сплавов.

высотой 45 мм с длиной преломляющей грани около 50 мм. Спектр от 4200 Å до 5800 Å имеет длину 50 мм. Окуляр 20× охватывает поле зрения в 126 Å в области 5000 Å; в этой же области спектра свободно разделяются спектральные линии, стоящие друг от друга на 1 Å.

Источник света устанавливается по оси коллиматорной трубы на расстоянии 15 см от линзы, стоящей перед щелью. Перед линзой в проволочном держателе укрепляется сменное защитное стекло.

Кроме описанного стилоскопа изготавливаются также спектроскопы Хильгера для анализа цветных сплавов (рис. 22). Эти спектроскопы отличаются от описанного выше тем, что в них установлена только одна шестидесятиградусная призма, в соответствии с этим вдвое уменьшена дисперсия, и угол между коллиматорной и зрительной трубами увеличен до 120°. В остальном такой прибор ничем не отличается от стилоскопа для сталей.

Спектральные линии для анализа цветных сплавов, конечно, можно наблюдать и в двухпризменном спектроскопе, предназначенном для сталей, но в ряде случаев целесообразнее применить прибор меньшей дисперсии, в котором удобнее наблюдать и сравнивать редко расставленные спектральные линии цветных металлов.

К стилоскопу не прилагается каких-либо приспособлений для удержания электродов, которые рекомендуется помещать в де-

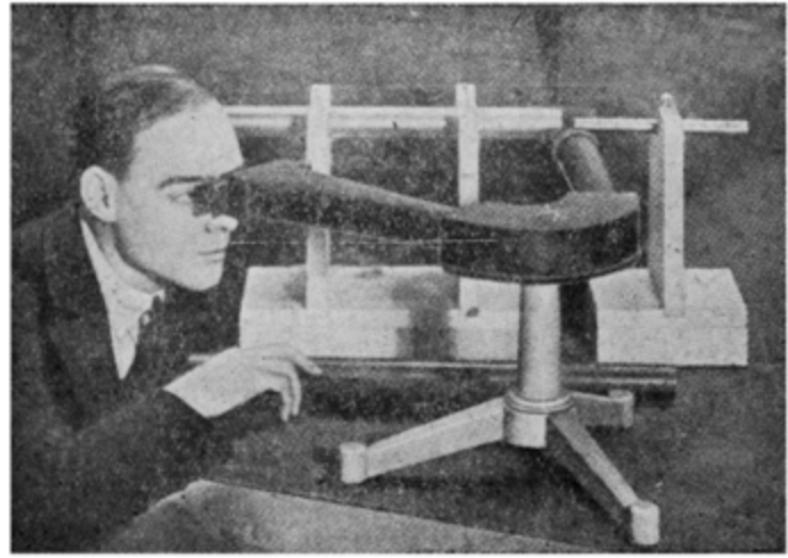


Рис. 23. Установка со стилоскопом Хильгера в рабочем состоянии.

ревянные стойки, как показано на рис. 23. Каждый прибор сопровождается весьма кратким описанием и хорошо выполненными схемами областей спектра, в которых расположены аналитические линии. По особому требованию высыпается набор образцов сталей, которые оказывают большую помощь при обучении анализам на стилоскопе. В таблице 1 приведён химический состав набора образцов по данным каталога 1941 г. В таблице 2 приведён изменённый с 1943 г. химический состав группы образцов, выпускаемой под шифром F903 [9].

Спектроскоп для сталей фирмы Цейсс. Цейссовский спектроскоп, предназначаемый для быстрого анализа сталей *), который уместно тоже назвать стилоскопом, изображён на рис. 24. На массивной треноге 9 жёстко укреплены коллиматорная труба 10 и зрительная труба 8, составляющие угол в 90° . 1 — симметричная регулируемая щель, барабан которой 2 проградуирован в тысячных долях миллиметра. Щель снабжена прямоугольной призмой,

*Б *) a Stahl-spectroskop, Zeiss, Mess 262 D.

Таблица 1

Химический анализ образцов сталей для стилюскопа фирмы Хильгер
(по данным 1941 г.)

№ образцов	№ по каталогу	Данные химического анализа (в %)						Примечание
		Никель	Хром	Вольфрам	Молибден	Ванадий	Кобальт	
1	F 628	—	—	—	—	—	—	—
2	F 903	3,45	0,31	—	—	—	—	—
3	F 903	0,06	0,04	—	—	—	—	—
4	F 903	1,32	0,63	—	—	—	—	—
5	F 903	1,41	1,40	—	—	—	—	—
6	F 654	—	—	0,5	—	—	—	—
7	F 654	—	—	1,0	—	—	—	—
8	F 654	—	0,6	3,5	—	—	—	—
9	F 654	—	0,7	5,5	—	—	—	—
10	F 654	—	3,0	10,0	0,5	0,4	—	—
11	F 654	—	4,0	14,0	—	0,6	—	—
12	F 654	—	4,0	16,0	—	1,0	—	—
13	F 654	—	4,0	14,0	1,0	0,75	2,0	—
14	F 654	—	4,0	12,0	2,25	0,75	2,0	—
15	F 654	—	4,0	15,0	—	0,6	4,5	—
16	F 654	—	0,4	—	—	0,15	—	—
17	F 655	—	—	—	—	—	—	0,11
18	F 655	—	—	—	—	—	—	0,64
19	F 655	—	—	—	—	—	—	0,88
20	F 658	—	5,34	5,04	4,80	—	20,49	—
21	F 1201	—	—	—	0,2	—	—	—
22	F 1201	—	—	—	0,75	—	—	—
23	F 1201	—	—	—	1,25	—	—	—
24	F 1201	—	—	—	1,50	—	—	—
25	F 1201	—	—	—	1,75	—	—	—
26	F 1201	—	—	—	2,0	—	—	—

Таблица 2

Химический состав образцов сталей для стилюскопа фирмы Хильгер для определения никеля, хрома, марганца и молибдена (по данным 1943 г.)

№ образцов	№ по каталогу	Данные химического анализа (в %)				
		Никель	Хром	Марганец	Молибден	Кремний
2	F 903	0,18	0,10	0,77	—	0,30
3	F 903	1,36	0,70	0,69	0,07	0,21
4	F 903	1,66	1,18	0,55	0,03	0,22
5	F 903	3,29	0,12	0,64	0,04	0,22
6	F 903	4,80	0,20	0,26	0,08	0,20

позволяющей одновременно со спектром исследуемого образца наблюдать образующийся рядом спектр сравнения от другого источника света; например, рядом со спектром легированной стали можно наблюдать спектр чистого железа и легко заметить линии примеси. Объектив коллиматора имеет фокусное расстояние 248 мм и диаметр 50 мм; вращением кольца 3 можно перемещать объектив вдоль оптической оси спектроскопа. Под колпаком 4

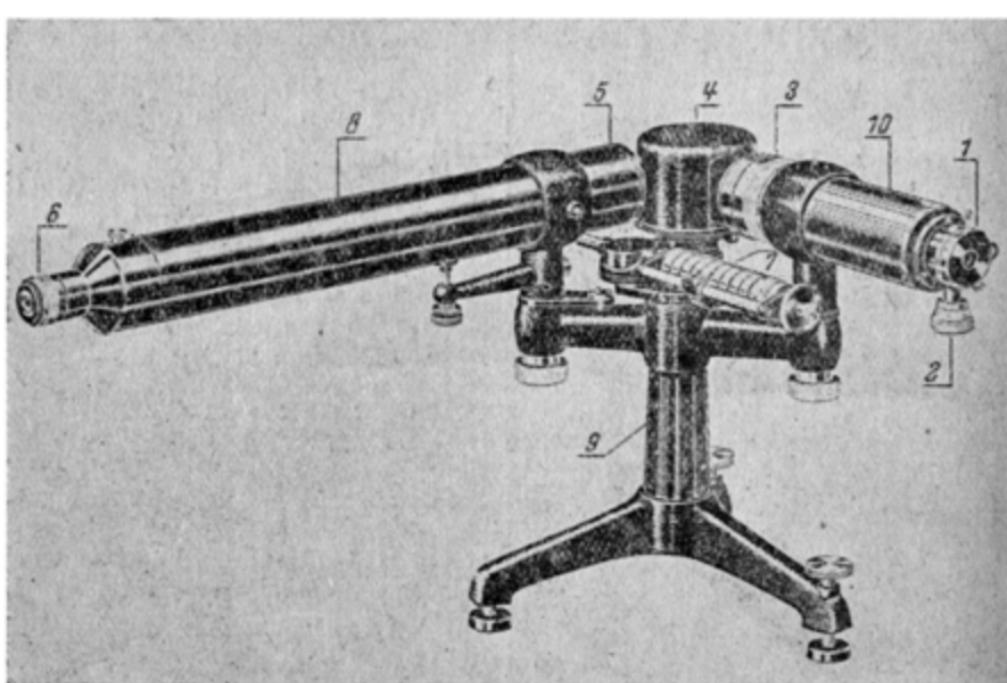


Рис. 24. Спектроскоп для сталей фирмы Цейсс.

помещена призма постоянного отклонения (призма Аббе). Она укреплена на столике, который можно поворачивать с помощью барабана 7 и тем подводить к зрительной трубе различные области спектра; барабан 7 имеет шкалу длин волн в онгстремах, нанесенную вдоль винтового выреза.

Призма имеет высоту 50 мм и длину преломляющей грани 48 мм. Она изготовлена из тяжелого флинта с показателем преломления $n_D = 1,67$ и дисперсией $C - F = 2^\circ 12'*$).

Объектив зрительной трубы 5 имеет фокусное расстояние 530 мм и диаметр 54 мм; фокусное расстояние окуляра 6 составляет 12,5 мм.

*) D, C и F — обозначения фраунгоферовых линий. D — линия натрия 5896 Å, C — линия водорода 6562 Å, F — линия водорода 4861 Å.

Оптическая система спектроскопа обладает достаточной для анализа сталей разрешающей способностью. Так, например, линия железа 5217,2 Å отчетливо отделяется от линии меди 5218,2 Å.

В конструкции прибора совершенно не предусмотрена защита от пыли оптических деталей и точных механизмов, поэтому спектроскоп требует особо бережного отношения. Его следует покрывать чехлом из плотной материи, который необходимо периодически вытряхивать и очищать от пыли. Как правило, не следует очищать поверхности объективов и призм, и только в крайнем случае, когда на оптических поверхностях образовался заметно поглощающий слой пыли, её нужно удалить, руководствуясь правилами чистки оптических приборов [18].

§ 3. Источники света для стилоскопа

Способ возбуждения спектра при работе со стилоскопом имеет очень большое значение. Чувствительность определений и точность их в значительной мере обусловливаются особенностями источника света. Кроме того, удобство и скорость работы, а также возможность определения тех или иных элементов зависят от свойств применяемого источника света.

При работе со стилоскопом для возбуждения спектров чаще всего применяют электрический дуговой разряд постоянного или переменного тока и, в сравнительно редких случаях, — искровой разряд.

Дуга постоянного тока является наиболее простым по оборудованию источником света. Достаточно иметь только реостат и амперметр, чтобы дуга была подготовлена к работе. Но при отсутствии постоянного тока безусловно нецелесообразно устанавливать умформер или иной преобразователь, а проще применить активированную дугу переменного тока. Хотя для получения дугового разряда при помощи переменного тока требуется специальный генератор, но он значительно проще по устройству и дешевле, чем любой преобразователь переменного тока в постоянный. Кроме того, возбуждение спектров активированной дугой переменного тока имеет ряд особенностей, выгодно отличающих этот источник света от прочих.

Дуга постоянного тока. Для питания дуги необходим источник постоянного тока напряжением выше 150 в (170—220 в). На рис. 25 представлена схема включения дуги. Здесь 1 — постоянный электрод, 2 — анализируемый образец, 3 — реостат для регулировки силы

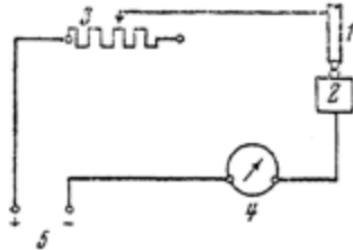


Рис. 25. Схема включения дуги постоянного тока.

тока, 4 — амперметр, 5 — клеммы, подводящие постоянный ток требуемого напряжения.

Исследуемый образец необходимо присоединять к отрицательному полюсу (катоду), постоянный электрод присоединяют к положительному полюсу (аноду); изменение полярности электродов приводит к значительным погрешностям в определениях.

Для установления или проверки полярности можно использовать следующий весьма простой приём: обе проволочки, подводящие ток, опускают в стакан с водой, следя за тем, чтобы они не соприкасались. Через несколько секунд на одной из проволочек начнётся бурное образование пузырьков водорода; эта проволочка и является катодом, т. е. она должна быть присоединена к анализируемому образцу.

Различия в испарении материала пробы при включении её катодом или анодом связаны с целым рядом обстоятельств. По-видимому, основную роль играет образование на аноде во время горения дуги слоя окислов. Этот слой препятствует равномерному поступлению паров из анода. На катоде же эти процессы, если и имеют место, то в значительно меньшей степени^[43].

Часто вызывает недоумение требование повышенного напряжения от источника тока, питающего дугу. Падение напряжения на дуге обычно составляет 40—60 в, и, казалось бы, напряжение постоянного тока 80—120 в вполне достаточно для поддержания горения дуги. Зачем же пользоваться более высоким напряжением и увеличивать расход электрической энергии, тем более, что избыток мощности поглощается реостатом цепи дуги? Оказывается, в данном случае полезно иметь большое сопротивление. Чем больше избыток напряжения, тем больше должно быть сопротивление, чтобы поглотить этот избыток. Большое же сопротивление цепи способствует сглаживанию резких изменений силы тока в цепи.

В обычной дуге наблюдаются значительные колебания силы тока. Основной причиной этих колебаний является перемещение дуги по электродам, сопровождающееся изменением длины дуги.

Если U — напряжение источника тока, питающего дугу, R_a — сопротивление включённого последовательно с дугой реостата, а R_b — сопротивление дуги, то сила тока I , текущего через дугу, по закону Ома, равна

$$I = \frac{U}{R_a + R_b} .$$

Колебания в длине дуги можно рассматривать как изменение сопротивления дуги R_b . Из приведённого уравнения видно, что одни и те же изменения R_b будут тем меньше сказываться на силе тока I , чем больше R_a , т. е. чем больше сопротивление реостата по сравнению с сопротивлением дуги. Сопротивление R_a

можно увеличить (при тех же значениях силы тока и напряжения на зажимах дуги), если мы увеличим U — напряжение источника тока. Отсюда видно, что чем выше напряжение источника тока и, следовательно, чем больше сопротивление реостата, тем меньшую роль играют колебания сопротивления дуги, т. е. сила тока в цепи оказывается более постоянной.

Питание дуги напряжением 150—220 в даёт значительно большую стабильность возбуждения, чем питание напряжением в 100—120 в. Это особенно хорошо заметно при определении никеля в сталях. При напряжении 120 в спектральные линии никеля имеют неустойчивую интенсивность, и определение его становится затруднительным и менее надёжным *).

Активированная дуга переменного тока. Нередко в месте установки стилоскопа отсутствует постоянный ток. Тогда применяют активированную дугу переменного тока [98].

Как известно, дуговой разряд переменного тока между металлическими электродами не может поддерживаться самостоятельно. При изменении направления тока, которое происходит 100 раз в секунду, дуга гаснет и уже не загорается, ибо электроды очень быстро охлаждаются вследствие хорошей теплопроводности металла.

Поэтому для восстановления дуги в начале каждого полупериода тока необходимо зажигать её с помощью токов высокой частоты, которые накладываются на основной ток дуги. Активированная высокочастотным током дуга поддерживается достаточно устойчиво, хотя горение её прерывается 100 раз в секунду. На рис. 26 представлена схема активированной дуги переменного тока. Здесь 1 — дуга, питаемая током от сети и активирующаяся высокочастотным током, 2 — катушка контура дуги индуктивностью около 400 мкГн, имеющая 150 витков, 3 — регулировочное сопротивление тока дуги, 4 — амперметр, 5 — трансформатор высокочастотного генератора мощностью около 25 вт, повышающий напряжение до 2—3 тыс. вольт; трансформатор через регулировочный

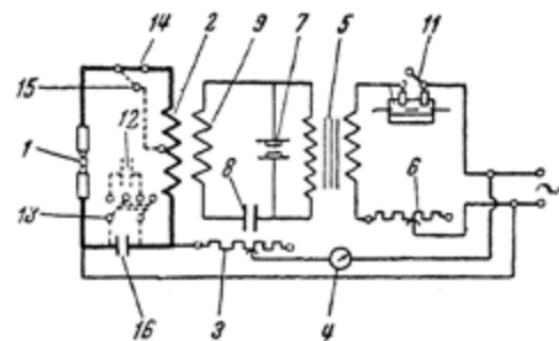


Рис. 26. Схема включения дуги переменного тока.

*). Для увеличения стабильности дуги можно применять особые устройства со специальной характеристикой, обеспечивающие постоянство силы тока дуги. Изложение принципов стабилизации дуги и описание необходимых устройств приведено в ряде работ советских физиков [97].

реостат *o* питается от той же линии, что и дуга *1*, *7* — искровой разрядник генератора, *8* — конденсатор ёмкостью около $0,01 \text{ мкФ}$, *9* — катушка индуктивностью около 10 мГн , имеющая 10 витков. Катушка *9* индуктивно связана с катушкой *2*, через которую ток высокой частоты передаётся в цепь дуги. Конденсатор *16* ёмкостью $0,25 \text{ мкФ}$ служит для замыкания цепи высокой частоты, блокируя внешнюю сеть от высокочастотных токов.

В некоторых случаях необходимо создавать перерывы в горении дуги, что очень просто выполняется прерывателем *11*, пери-

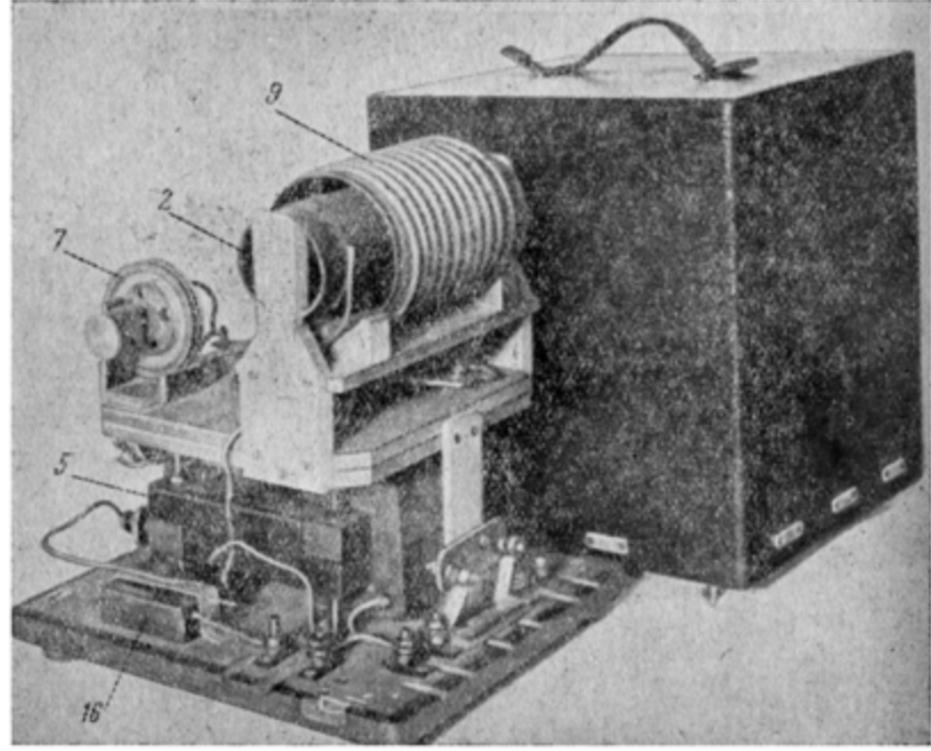


Рис. 27. Внешний вид генератора дуги переменного тока.

одически размыкающим цепь питания трансформатора с частотой 3—5 раз в секунду. Устройство прерывателя может быть различно. В простейшем случае — это вращаемый электрическим мотором цилиндр из текстолита (или другого изолирующего материала), к которому прижимаются две пружинящие щётки. Латунная полоска на поверхности цилиндра, расположенная параллельно его оси, будет периодически замыкать цепь при вращении цилиндра. Применять прерыватель требуется в тех случаях, когда необходимо уменьшить воздействие дуги на образец, что важно

при анализе легкоплавких сплавов, тонких проволок и в других случаях, о которых речь будет ниже.

Если в контуре дуги (рис. 26) уменьшить индуктивность катушки 2 до 70—80 мкГн переключением рубильника 14 в положение 15, а включением рубильника 13 присоединить к ёмкости 16 ёмкость 12, чтобы повысить общую ёмкость до 10—20 мкФ, то получим импульсный разряд с повышенной плотностью

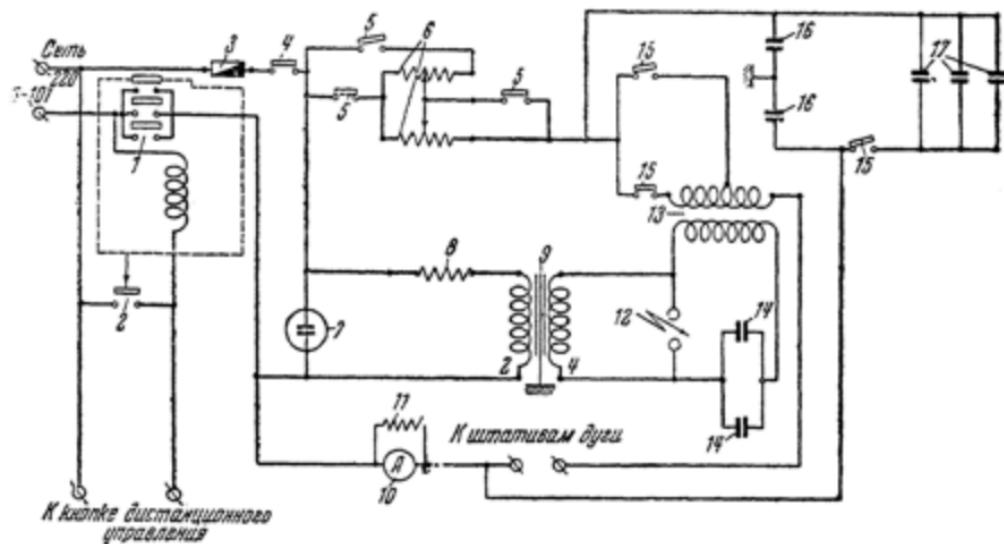


Рис. 28. Принципиальная схема генератора активированной дуги переменного тока «ДГ»: 1 — магнитный пускател на 5 а, 220 в, 2 — кнопка пускателя, 3 — плавкий предохранитель на 20 а, 4 — блокировка, 5 — переключатель реостата, 6 — реостат на 80 ом, 5 а или 20 ом, 10 а, 7 — сигнальная неочувственная лампа на 220 в, 8 — реостат на 250 ом, 0,5 а, 9 — трансформатор 3000/220 в, 0,1 кв, 10 — амперметр на 10 а, 11 — шунт 2×, 12 — искровой разрядник, 13 — высокочастотный трансформатор, 14 — конденсатор на 5100 мкмкФ 3 кв, 15 — переключатель для искрового режима, 16 — блокировочный конденсатор на 0,5 мкФ, 300 в, 17 — дополнительные конденсаторы общей ёмкостью на 12 мкФ, 500 в.

тока [99]. Этот разряд способен возбуждать искровые спектральные линии, в частности, линии для определения кремния, серы и других неметаллов. Такой режим мы будем в дальнейшем называть «искровым» режимом генератора дуги переменного тока. При искровом режиме можно уменьшить эффективное воздействие разряда настолько, что становится возможным производить анализы легкоплавких сплавов и проб малой массы; однако для очень тонкой проволоки и фольги предпочтительнее пользоваться дугой с прерывателем.

Активированная дуга переменного тока (которую мы в дальнейшем будем называть просто дугой переменного тока) не только успешно заменяет дугу постоянного тока, но имеет по сравнению

с последней целый ряд преимуществ. Этот источник возбуждения спектров целесообразно применять для сортировки различных сплавов. К главнейшим преимуществам дуги переменного тока перед дугой постоянного тока можно отнести следующие:

1. Пламя разряда значительно устойчивее и меньше блуждает; интенсивности спектральных линий воспроизводятся лучше.
2. Дуга зажигается без соприкосновения электродов, что создаёт большие удобства при массовых анализах.
3. Можно сортировать алюминиевые сплавы.
4. Можно производить определения с весьма незначительными повреждениями поверхности образцов (при искровом режиме или с прерывателем).
5. При искровом режиме генератора можно определить кремний и другие элементы по искровым спектральным линиям.

Генераторы дуги переменного тока, но без прерывателя и дополнительной ёмкости для искрового режима, изготавливаются в настоящее время нашей промышленностью. На рис. 27 (стр. 46) представлен внешний вид такого генератора (здесь обозначения те же, что и на рис. 26; справа — защитный колпак, которым закрывают генератор). На рис. 28 (стр. 47) изображена принципиальная схема генератора активированной дуги переменного тока «ДГ», намеченного к серийному выпуску.

Генератор дуги переменного тока для переносного стилоскопа [78]. Дуга переменного тока явилась также наиболее удобным источником света для переносного стилоскопа.

Переносный генератор дуги имеет конструктивные отличия от описанного выше стационарного генератора.

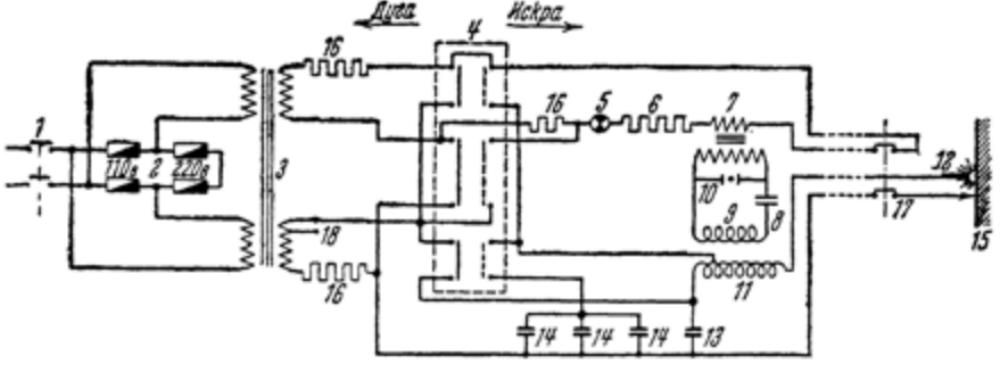


Рис. 29. Принципиальная схема генератора дуги переменного тока для переносного стилоскопа.

Принципиальная схема переносного генератора изображена на рис. 29. Напряжение питающей сети переменного тока 110—220 в через блокировочные контакты 1 и предохранители 2 подаётся на первичную обмотку разделительного трансформатора 3. Для

перехода от 110 на 220 в необходимо переключить секции первичной обмотки трансформатора с параллельного соединения на последовательное путём перестановки предохранителей в соответствующие гнёзда.

Вторичная обмотка трансформатора также разделена на секции, которые могут включаться параллельно или последовательно при помощи переключателя 4. При последовательном соединении она даёт повышенное напряжение, необходимое для искрового режима, а при параллельном — пониженное, достаточное для дугового режима. В том и другом случаях вторичное напряжение через ограничительные сопротивления 16 подводится к постоянному электроду 12, а также через одну пару контактов пусковой кнопки 17, находящейся в ручке стилоскопа, и через упорный штифт прибора к анализируемому объекту 15.

От одной из секций вторичной обмотки разделятельного трансформатора напряжение через контрольную лампочку 5, ограничительное сопротивление 6 и вторую пару контактов пусковой кнопки 17 *) подаётся на первичную обмотку повышающего трансформатора 7. Вторичное напряжение трансформатора 7, достигающее 2000 в, подводится к искровому колебательному контуру, состоящему из конденсатора 8, катушки самоиндукции 9 и искрового разрядника 10. При проскачивании искры в разряднике в этом контуре возникают колебания высокой частоты.

Катушка 9 индуктивно связана с катушкой 11, образуя вместе с ней трансформатор высокой частоты. Индуцируемое в этой катушке ещё более высокое напряжение высокой частоты подводится к постоянному электроду 12.

При искровом режиме часть катушки 11 выключается из цепи дуги, а параллельно блокировочному конденсатору 13 включается батарея конденсаторов 14. Эти переключения выполняются тем же переключателем 4, который подсоединен к обмоткам разделятельного трансформатора 3. От вторичной обмотки его сделан отвод напряжения в 24 в к гнёздам 18, предназначенный для подключения моторчика электроточила с наждачным кругом.

Электрические характеристики генератора дуги таковы: разделятельный трансформатор имеет мощность около 300 вт, первичное напряжение 110—220 в, вторичное — 220 в; высоковольтный трансформатор, мощностью около 100 вт, имеет первичное напряжение 220 в, вторичное 2000 в; ограничительные сопротивления 16 рассчитаны на ток до 6 а, ограничительное сопротивление 6 — на ток до 1 а; конденсатор колебательного контура ёмкостью 0,01 мкф рассчитан на напряжение до 500 в, блокировочный конденсатор ёмкостью 0,2—0,5 мкф — на напряжение до 2000 в.

*) При нажатии кнопки эта пара контактов замыкается позже первой.

жение 250 в, батарея конденсаторов 14 ёмкостью до 30 мкф — на напряжение 250 в.

Генератор смонтирован в железном кожухе (рис. 30), снабжённом ремнём 19 для переноски. На верхней крышке расположены сигнальная лампа 5, рукоятка переключателя 4 и регулировочный винт искрового разрядника 10. Сбоку к генератору при помощи вилки 20 подводятся кабель питания 21 и при помощи колодки 22 два кабеля 23 и 24, отводящие ток к стилоскопу. Один из этих кабелей содержит один провод, по нему

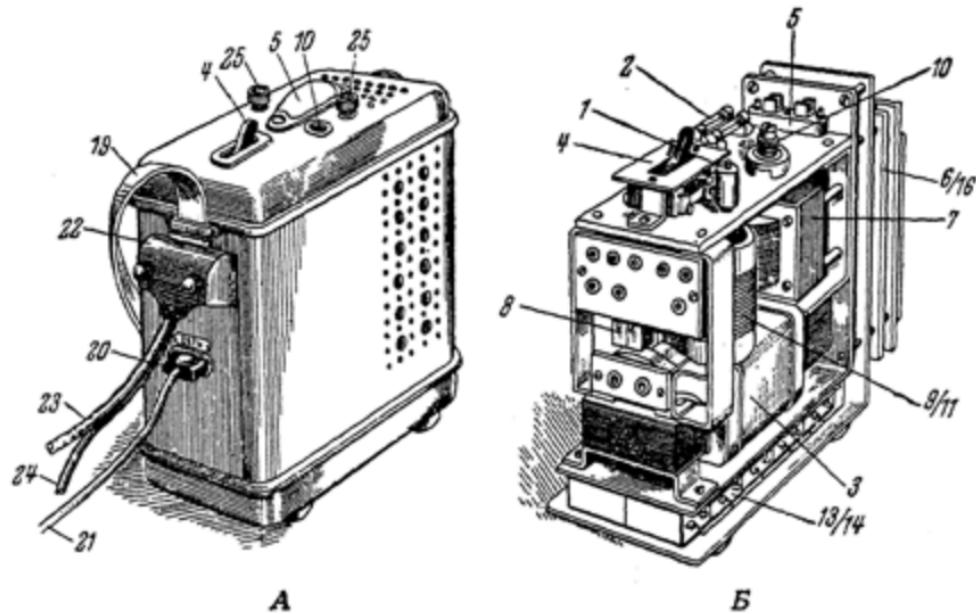


Рис. 30. Внешний вид переносного генератора дуги переменного тока. А — в защитном кожухе, Б — со снятым кожухом.

отводится ток к постоянному электроду. Второй кабель содержит три провода, по ним отводится ток к головке и ко второй паре контактов пусковой кнопки. Под крышкой генератора, которая может сниматься после отвинчивания винтов 25, расположена панель, на которой укреплены колодки для предохранителей 2, искровой разрядник 10, переключатель 4 и блокировочное устройство 1. Колодки имеют надписи, указывающие расположение предохранителей при питании генератора от сети 120 и 220 в.

Блокировочное устройство обесточивает колодки при снятой крышке генератора.

Перед присоединением генератора к сети необходимо снять крышку и проверить, соответствует ли положение предохранителей напряжению имеющейся сети. В случае несоответствия нужно переставить предохранители в другие гнёзда и закрыть крышку.

Затем ставят переключатель 4 в положение «дуга» и присоединяют питающий кабель к стилоскопу и к сети. После этого включаем выключатель 17 (рис. 29) на ручке стилоскопа, причём должна загореться контрольная лампочка и начнёт работать искровой разрядник активизатора (о работе разрядника можно судить по лёгкому жужжанию). Если лампочка не горит и жужжания нет или лампочка горит очень ярко, то следует при помощи отвёртки повернуть головку разрядника в одну, а затем в другую сторону, пока в разряднике не возникнет искра. О равномерной работе разрядника можно судить по спокойному, без вспышек, свечению лампочки.

Если после этого приставить стилоскоп к какому-либо металлическому предмету так, чтобы между постоянным электродом и этим предметом оставался промежуток в 2–3 мм, то в этом промежутке должна загореться электрическая дуга.

Если же переключатель 4 поставить в положение «искра», то вместо дуги должен образоваться мощный искровой разряд, сопровождаемый резким треском.

При переводе переключателя 4 из одного положения в другое необходимо размыкать цепь выключателя 17, чтобы избежать подгорания его контактов.

Конденсированная искра. В некоторых случаях при работе со стилоскопом спектр возбуждают конденсированной искрой [38, 80]. Это необходимо при анализе по искровым спектральным линиям. Конденсированная искра используется также в том случае, когда исследуемым образцам желательно нанести минимальные повреждения и при этом не представляется возможным применить генератор дуги переменного тока в искровом режиме.

Схема установки, дающей конденсированную искру, изображена на рис. 31. Трансформатор 1 мощностью около 0,5–0,8 квт, питаемый от сети переменного тока напряжением 110 или 220 в, повышает напряжение сети до 8000–15 000 в и заряжает конденсатор 2 ёмкостью от 3000 и 9000 см. В тот момент, когда напряжение на конденсаторе возрастёт настолько, что в межэлектродном промежутке 3 возникнет искра, конденсатор разряжается. После этого снова происходит разрядка конденсатора и т. д.

В искровой контур включается индуктивность 4 величиной 10^3 – 10^6 см; 5—регулировочный реостат цепи питания трансфор-

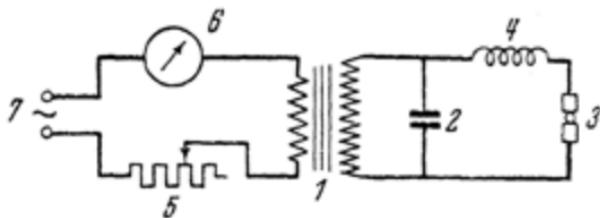


Рис. 31. Схема возбуждения конденсированной искры.

матора, 6 — амперметр, 7 — зажимы первичной обмотки трансформатора.

При работе с искрой необходимо соблюдать меры предосторожности, обычные для установки высокого напряжения^[17]. В частности, проводка цепи высокого напряжения и держатели электродов должны быть ограждены и недоступны для случайных прикосновений во время работы установки. Для доступа к держателям электродов ограждение должно иметь дверцу, при открывании которой происходило бы размыкание первичной цепи трансформатора. Такие ограждения, несомненно, стесняют работающих и затрудняют производство анализов, но работать без них категорически воспрещается.

Применять искровую установку для стилоскопа следует только в крайних случаях, тем более что искровое возбуждение спектра при работе со стилоскопом особых преимуществ не даёт.

§ 4. Некоторые приспособления для стилоскопа

Стилоскоп зачастую необходимо снабжать дополнительными приспособлениями, типы и конструкции которых определяются характером работы. Чаще всего установку необходимо дополнять держателями электродов.

Стилоскопы СЛ-3 и авто коллимационный укомплектованы только штативом для постоянного электрода, для закрепления же дополнительно подбирать Хильгера и Цейсса совсем беспорно очень неудобно. Поэтому при организации установок этих стилоскопов следует приобрести или изготовить

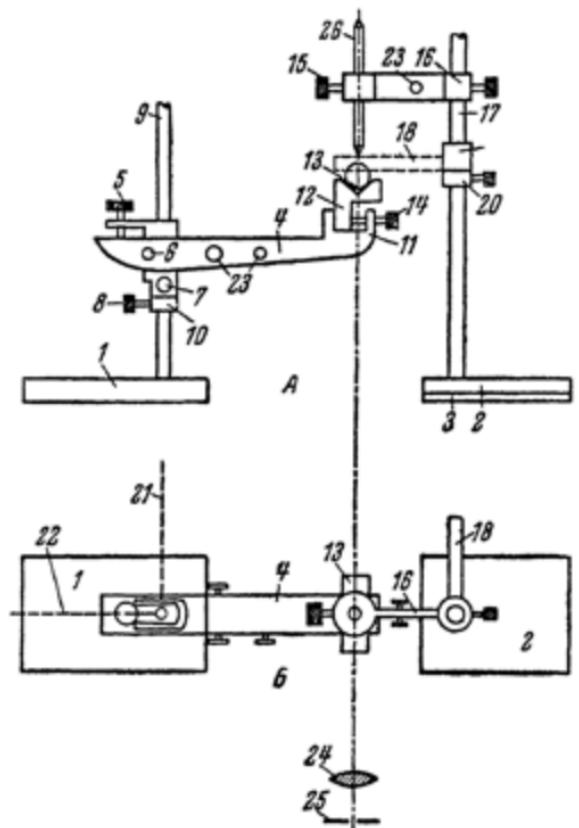


Рис. 32. Штативы для электродов к стилоскопу. А — вид сбоку, Б — вид сверху.

испытуемых образцов необходимо соответствующий штатив. Стилоскопы не имеют штативов для электродов. Закрепление электродов в деревянных стойках, как это рекомендуется фирмой Хильгер (рис. 23), бесспорно очень неудобно. Поэтому при организации установок этих стилоскопов следует приобрести или изготовить

необходимые приспособления для удержания электродов и испытуемых образцов.

На рис. 32 схематично изображены штативы, приспособленные для быстрой смены электродов и позволяющие регулировать величину дугового промежутка. Изготовление таких штативов доступно каждому предприятию и легко может быть выполнено любой ремонтной мастерской^[15].

На рис. 32 штативы изображены сбоку и сверху. 1—штатив для анализируемого образца, 2—штатив для постоянного электрода, 3—фибровая (или текстолитовая) изоляционная прокладка штатива 2, 4—коромысло из листовой латуни, которое при помощи винта 5 поворачивается в вертикальной плоскости около оси 6; при отпущеных винтах 7 и 8 коромысло 4 можно перемещать вверх и вниз вдоль стержня 9 и вращать вокруг стержня 9 на кольце 10, которое на нужной высоте закрепляют винтом 8.

Коромысло 4 на конце длинного плеча несёт струбцину 11, в которую посредством винта 14 можно закреплять пробы произвольной формы; пробы правильной цилиндрической или призматической формы можно класть на платформу 12, закрепляемую в струбцину 11 (на рис. 33 показан вид платформы 12); 13—анализируемая проба, 26—постоянный электрод, который укрепляется винтом 15 в держателе 16. Электрододержатель 16 может перемещаться вверх и вниз по стержню 17 и вращаться около этого стержня; 18—ограничитель высоты (откидной шаблон) для верхнего электрода, он может вращаться около стержня 17, опираясь на задерживающее кольцо 20; 23—клеммы, 24—осветительная линза стилоскопа, 25—щель стилоскопа.

Такие штативы удобны в работе и просты в изготовлении. Вместо штатива 1 можно пользоваться также подъёмным столиком, площадка которого (где устанавливается испытуемый образец) может перемещаться в вертикальном направлении.

Если изделие по своим размерам не может быть помещено под электродом 26 (рис. 32), то, для того чтобы зажечь дугу, необходимо изогнуть постоянный электрод 4 (рис. 34) и расположить изделие 2 сбоку от него.

Для анализа длинных прутков, труб и слитков рекомендуется изготовление специальных рольгангов для подачи испытуемого

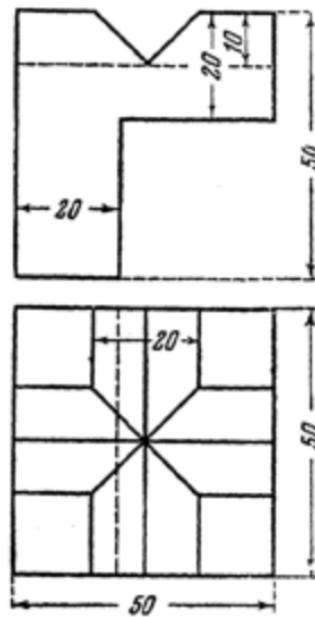


Рис. 33. Эскиз платформы для образцов.

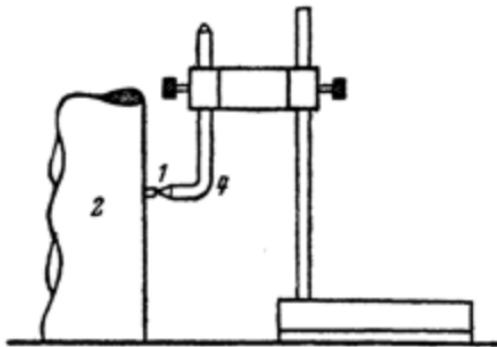


Рис. 34. Дуга между изогнутым электродом и изделием большого размера.



Рис. 35. Стойки рольганга.

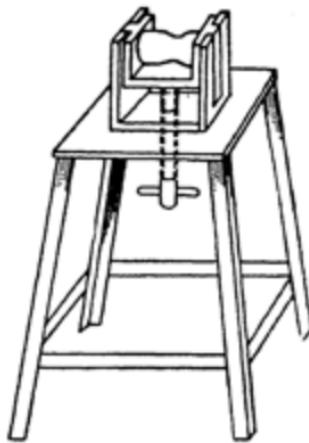


Рис. 36. Передняя стойка рольганга.

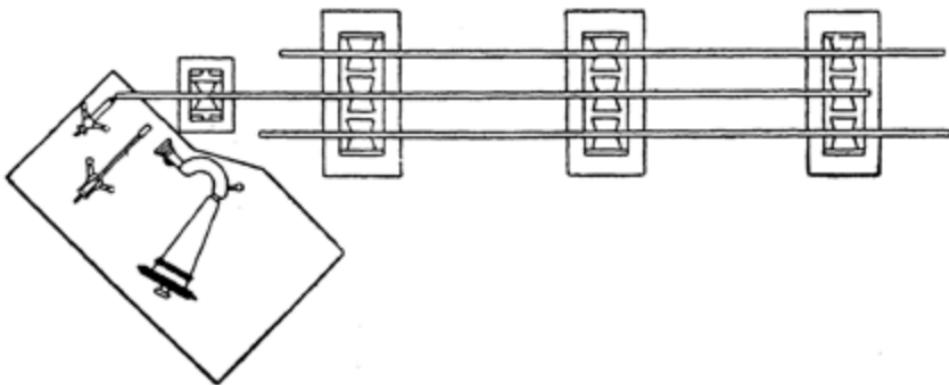


Рис. 37. Установка стилоскопа с рольгангами (вид сверху).

материала. Рольганги удобно делать из отдельных, не связанных между собой стоек; этим облегчается перенос всей установки в другое место. Схематический вид стоек изображен на рис. 35; боковые ролики служат для очередных штанг. Последний (ближайший к аппарату) ролик необходимо сделать подъемным (рис. 36), чтобы конец испытуемой штанги можно было установить на требуемом расстоянии от постоянного электрода. Схематический чертеж всей установки с рольгангами показан на рис. 37.

Для подачи образцов к точильному камню также рекомендуется применять специальные рольганги (рис. 38).

Для получения максимальной пропускной способности лучше применять постоянный дисковый электрод из стали толщиной 3—4 мм, диаметром 200—250 мм (рис. 39).

Перед каждым анализом диск поворачивают при помощи рукоятки на некоторый угол, подводя для анализа свежий участок круга.

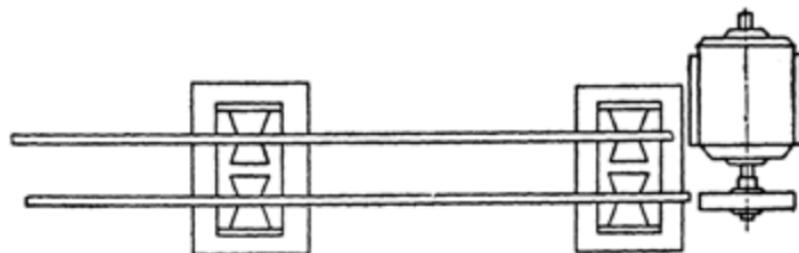


Рис. 38. Заточка прутков на рольгангах.

сток круга. После того как вся поверхность уже использована, диск снимают со штатива и зачищают напильником, закрепляя в патроне токарного станка или в каком-либо подобном приспособлении, укрепленном на оси электромотора.

Применяют и другие устройства для удержания электродов. Так, например, П. Ф. Лоховым^[85] разработан комплект штативов для стилоскопа, в котором постоянным электродом служит зубчатый диск, а испытуемый образец укрепляется в тиски, помещенные на подъемном столике. Нередко для удержания испытуемых образцов применяют штатив в виде платформы на подъемном столике. Такой штатив очень удобен для серийных анализов.

Несомненно, целесообразно применять штатив Петри (рис. 40)^[100]. Он представляет собой металлическую платформу 1, имеющую вырез 3. Платформа 1 укреплена на изоляторах 2. Под вырезом 3 двумя пружинками 4 укрепляется постоянный электрод 5. С помощью винта 6 штатив устанавливается на требуемую высоту. Исследуемый образец 7 кладут на платформу 1 над вырезом 3. Аналогичное устройство успешно применил В. Ф. Смирнов в конструкции стилоскопа ВС-1^[77].

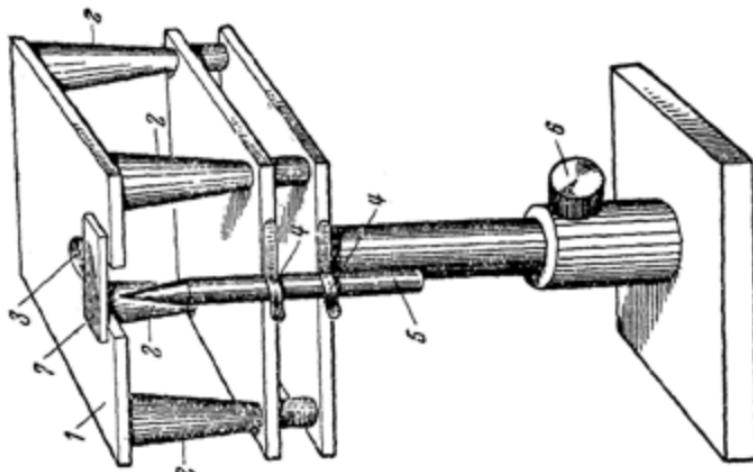


Рис. 40. Штатив Петри.

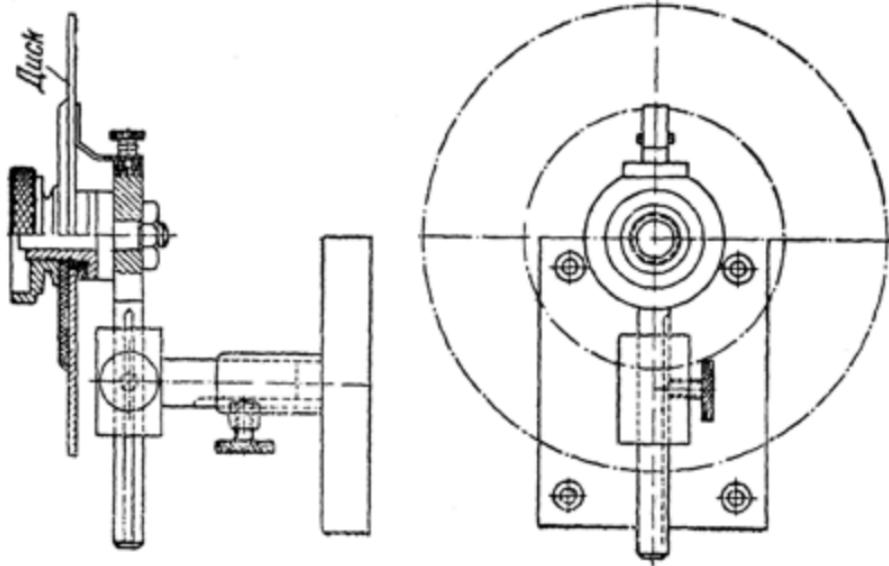


Рис. 39. Штатив с дисковым электродом.

В некоторых случаях, как, например, при качественном спектральном анализе и при визуальном количественном анализе повышенной точности, требуется очень быстрая смена электродов^[87]. Тогда удобно применять электродержатели с револьверными дисками, разработанные Г. П. Илларионовым. В таком держателе закрепляются 8 электродов, которые сменяются простым поворотом диска^[72].

§ 5. Уход за аппаратурой

Несмотря на то что стилоскоп в наибольшей степени приспособлен к работе в заводских условиях и, казалось бы, надёжно ограждён от случайных повреждений, следует помнить, что он всё же является оптическим прибором, требующим ухода и бережного обращения.

Полученный с завода стилоскоп необходимо внимательно осмотреть. Если будут обнаружены очевидные внешние повреждения прибора (что, вообще говоря, мало вероятно), то не следует пытаться исправить их собственными средствами, ибо это может привести к более основательной порче прибора. Повреждённый стилоскоп целесообразнее отправить обратно на завод-изготовитель с просьбой обменить прибор. Если же внешний осмотр стилоскопа не вызывает опасений, то его необходимо очистить от пыли, установить в рабочее положение и проверить качество изображения. Оптические поверхности, как-то: линзу окуляра, защитное окошко щели, осветительную линзу и т. п., необходимо очищать от пыли с осторожностью, применяя для этого только кисточку и мягкую салфетку, которые обычно прилагаются к комплекту стилоскопа^[8]. Нужно помнить, что оптическое стекло, из которого изготовлены детали стилоскопа, значительно мягче и как бы «податливее» обычного оконного стекла. Энергичное протирание какой-либо оптической детали не очень чистой или жёсткой тканью вызывает появление царапин на оптической поверхности и зачастую приводит к порче её. Кроме того, следы пальцев также в значительной мере портят качество оптической поверхности. Следы случайных прикосновений необходимо сразу же удалить салфеткой, слегка смоченной в спирте (застарелые следы чисткой удалить не удается). Вообще оптические детали желательно чистить как можно реже, стараясь всемерно оберегать их от загрязнения. Окуляр, наружный конец коллиматорной трубы и осветительную линзу по окончании работы и во время длительных перерывов необходимо предохранять от пыли матерчатыми колпачками.

Установив новый стилоскоп, нужно проверить качество изображения спектра и разрешение контрольных линий, указанных выше (в § 1) или приведённых в паспорте прибора. Если через окуляр спектр не виден, то это указывает на какие-то нарушения оптической системы прибора, которые не следует исправлять

самостоятельно; в этом случае нужно обратиться к специалисту или вернуть прибор для обмена. Однако в стилоскопах СЛ-1 и СЛ-3 во время перевозки приборов нередко слегка смещаются призмы, так что разлагаемый ими свет не будет попадать в окуляр, в результате чего спектр не виден. В этом случае для исправления прибора достаточно вернуть призмы в их гнёзда. При известной осторожности эту операцию можно проделать самостоятельно.

При эксплоатации установки необходимо следить за износом более уязвимых узлов приборов, стараясь предупредить возможные поломки, чтобы не выводить прибор из строя на длительное время. Необходимо периодически осматривать прибор, оценивать резкость изображения спектра и проверять действие механизмов. В стилоскопах чаще всего изнашивается механизм перемещения окуляра. Иногда он «разбалтывается» настолько, что при рассматривании спектра окуляр нужно удерживать руками. Поэтому при первых же признаках децентрировки и перекосах окуляра необходимо позаботиться о его замене или ремонте. Само собой разумеется, что механизм перемещения окуляра необходимо периодически смазывать маслом.

В стилоскопах СЛ-1 и СЛ-3 при неосторожном обращении с приборами иногда сгибают планку окуляра (см. § 1). В этих случаях необходимо тщательнейшим образом выпрямить планку, поручив специалисту разборку окулярной коробки стилоскопа. Если плохо выпрямить планку, то в местах сгибов в ней довольно быстро протираются дыры, через которые внутрь прибора проникает пыль.

В установках СЛ-1 и СЛ-3 и в автоколлимационном стилоскопе нередко «разбалтывается» зажим штатива для постоянного электрода, что очень мешает нормальной работе установки. Во избежание этого не следует с большим усилием зажимать электроды. Если же зажим износился, то его нужно исправить, что, между прочим, легко сделать в любой механической мастерской. Не следует работать со штативом, который не позволяет воспроизвести положение конца постоянного электрода с точностью до ± 5 мм. Механизм перемещения осветительной линзы обычно изнашивается медленно и долго работает безотказно, необходимо только следить за тем, чтобы линза была ограждена защитным стеклом (см. § 1).

Что касается источников возбуждения спектров, то здесь трудно дать какие-либо указания общего характера по уходу за ними. Применяемые устройства очень разнообразны и, в большинстве случаев, нестандартны. Чаще всего для стилоскопа применяют дугу переменного тока. В этом случае важно следить, чтобы провода, идущие от генератора дуги к штативам, не были бы слишком длинны, не переплетались бы между собой и

не касались бы металлических предметов. Несоблюдение этих условий поведёт к большой утечке токов высокой частоты, вследствие чего дуга будет плохо зажигаться. Через каждые 500—600 час. работы генератора необходимо вынимать разрядник и очищать его от пыли, а вольфрамовые электроды до блеска зачищать мелкой наждачной бумагой.

Не реже чем раз в три месяца необходимо проверять показания амперметра генератора с помощью контрольного прибора.

Как правило, дуговые или искровые генераторы для возбуждения спектров сопровождаются подробным описанием и инструкцией, которые необходимо внимательно изучить, прежде чем собирать установку.

ГЛАВА 2

ПОДГОТОВКА К АНАЛИЗУ. КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

§ 6. Подготовка электродов и образцов

В большинстве случаев при анализах стилоскопом испытуемый образец является одним из электродов дуги; другим электродом служит металлический стержень, обычно называемый постоянным электродом.

Выбор материала для постоянного электрода определяется условиями работы. Чаще всего постоянные электроды изготавливаются из металла, составляющего основу сплава. Например, при анализе сталей применяют железные электроды, при анализе медных сплавов — медные электроды и т. д. Однако нередко отступают от этого правила.

При работе с железными электродами приходится считаться с присутствием в них небольших количеств хрома, марганца и кремния, что не даёт возможности определять малые содержания этих элементов в испытуемых образцах. Необходимо следить, чтобы все постоянные электроды имели один и тот же химический состав; в противном случае мы будем допускать ошибки в анализе.

Для анализа сталей электроды изготавливают из углеродистой стали или железа типа Армко с полным отсутствием вольфрама, ванадия, кобальта, молибдена и содержащих не более: 0,1% хрома, 0,3—0,4% марганца, 0,2—0,3% никеля. В тех случаях, когда необходимо определять названные примеси в меньших количествах, применяют медный постоянный электрод. Кроме того, медный электрод целесообразно применять ещё по следующей причине: благодаря большой теплопроводности, медный электрод нагревается при горении дуги значительно меньше, чем железный, слои окислов наращиваются медленнее и доля излучения сплошного спектра меньше; таким образом, спектр выглядит контрастнее, чем при использовании железного электрода.

В иных случаях, при анализе нежелезных сплавов, целесообразно применять железный электрод. Так, например, при опре-

делении некоторых элементов в медных, алюминиевых и цинковых сплавах не удается подобрать линий сравнения в спектрах меди, алюминия и цинка, тогда как применение железного электрода устраняет это затруднение.

Перед зажиганием дуги с поверхности образца и с конца стандартного электрода необходимо удалить грязь и довести металл до блеска. Зачистку можно производить либо на наждачном круге, либо напильником.

В образце для зачистки выбирается небольшой плоский участок. У постоянных электродов необходимо защищать концы. Если применять стержни сравнительно небольшого диаметра (около 5—7 мм), то достаточно зачистить только торцы электродов. Но удобнее работать с более массивными стержнями диаметром 10—12 мм, ибо они меньше нагреваются. В этом случае концы электродов необходимо заточить на конус с углом около 45°. Остриё конуса стачивают на площадку диаметром около 2 мм или закругляют на полусферу радиусом около 2—3 мм.

Блуждание дуги значительно уменьшается, если применять электрод, заточенный на остриё, который следует предпочесть электроду, заточенному на торец. При заточке не требуется строгого сохранения размеров, однако необходимо придерживаться единообразия в подготовке образцов и электродов. Пренебрежение этим условием может заметным образом оказаться на интенсивности спектральных линий. Например, можно пользоваться постоянным электродом с острым коническим концом, либо с притуплённым концом, либо с концом, заточенным на торец. В первом случае остриё электрода будет очень быстро сгорать; таким образом, яркость спектра вещества постоянного электрода будет большая, чем в том случае, когда электрод притуплён или заточен на плоскость. Аналогичное усиление линий основного вещества можно наблюдать, если пользоваться тонкими постоянными электродами.

Беспорядочное применение образцов и электродов с различной заточкой может вносить искажения в спектроскопические оценки; в некоторых случаях это приводит к недоразумениям в оценке чувствительности определений. Если по каким-либо причинам требуется изменить форму заточки, то для выбранных условий необходимо проверить спектроскопические признаки по образцам с известным химическим составом.

Изменение внешней формы и размеров анализируемых образцов может заметно отразиться на условиях испарения вещества пробы и создать искажённое представление о содержании примесей. Если, например, методика разработана для массивных слитков, то не следует анализировать проволоки, стружки, тонкие листы (такие пробы, которые будут интенсивно сгорать

в пламени источника света); в противном случае мы получим преувеличенное представление о содержании примесей.

При массовых анализах целесообразнее всего применять дисковый электрод, способствующий наибольшей производительности. Если же приходится ограничиваться только стержневыми электродами, то необходимо иметь достаточный запас их (100—200 штук на каждый стилоскоп) и каждый раз пользоваться свежим электродом. Два-три раза в день следует производить замотку всех электродов.

Установив требуемым образом электроды, включают цепь дуги (рубильником или кнопочным включателем). В случае постоянного тока дугу зажигают угольком, прикасаясь им одновременно к обоим электродам и плавным движением удаляя его в сторону. Уголок должен иметь изолирующую рукоятку. Если штатив для образцов позволяет изменять межэлектродный промежуток, то дугу можно зажигать соприкосновением электродов с последующим разведением их; однако таким приёмом следует пользоваться только при качественном анализе, для количественных же определений нужно установить межэлектродный промежуток по шаблону и уже затем зажечь дугу без соприкосновения электродов. При зажигании дуги угольком необходимо надевать предохранительные очки, либо наблюдать возникновение дуги через защитное стекло, но ни в коем случае нельзя смотреть незащищёнными глазами на пламя дуги, ибо свет её очень вреден для глаз.

В случае переменного тока дуга возникает самостоятельно при включении рубильника, так что не требуется заботиться о зажигании её.

Установив в дуге необходимую силу тока, приступают к анализам.

§ 7. Наблюдение спектра

Глядя в окуляр, можно рассматривать весь видимый спектр от фиолетовой области до красной. При переходе от одной области спектра к другой необходимо добиваться наилучшей резкости. Оценку резкости (фокусировки) можно делать, наблюдая очень близкие спектральные линии: при хорошей фокусировке эти линии видны раздельно, при недостаточной — сливаются между собой. Такой способ позволяет оценить фокусировку легче, чем наблюдение изолированных спектральных линий.

Удобно оценивать фокусировку по разделению следующих линий: Fe 5079,24 и Fe 5079,75 Å; Cr 5409,79 и Fe 5410,91 Å; Fe 6136,62 и Fe 6137,70 Å, которые обычно разрешаются современными стилоскопами.

Наилучшую резкость можно получить только при правильном расположении источника света и осветительной линзы. Смещение дуги или линзы с оптической оси стилоскопа очень неблагоприятно сказывается на качестве изображения спектра.

При наблюдении спектра в окуляр глаз необходимо располагать таким образом, чтобы он смотрел по прямой, соединяющей центры окуляра и объектива.

Выбирая наилучшую резкость, следует перемещать окуляр не беспорядочно в обе стороны, а в каком-либо одном определённом направлении. Выбор направления перемещения зависит от наблюдателя и большого значения не имеет; важно только придерживаться одного выбранного направления, ибо это благоприятствует аккомодации*) глаза.

При первоначальном наблюдении богатого линиями спектра (например, спектра железа) возникает впечатление, что совершенно нельзя разобраться в огромном количестве похожих друг на друга спектральных линий. Запутанная картина спектра железа может вызвать у начинающего работника преувеличенные представления о трудности отыскания нужных спектральных линий. Такие опасения совершенно естественны для начинающих, и их необходимо рассеять терпеливым и внимательным рассматриванием спектра. Уже после непродолжительного наблюдения становится заметным, что отдельные спектральные линии имеют свои индивидуальные особенности. Во-первых, разные области спектра отличаются друг от друга по цвету; во-вторых, спектральные линии имеют различный внешний вид и различные яркости или, как мы будем говорить в дальнейшем, — интенсивности. Одни линии отчётливы и контрастны, другие — широки и размыты; очень яркие линии выглядят, как правило, уширенными и несколько размытыми.

Важно учесть, что спектральные линии располагаются в характерные группы, отыскание которых не представляет большого труда; расчленив весь спектр на такие группы нетрудно находить в них отдельные спектральные линии.

На рис. 41 приведена почти вся видимая область возбуждённого дугой спектра железа^[41]. Это негативное изображение, где отдельные линии выглядят тёмными на белом фоне; на самом же деле в стилоскопе мы видим цветные спектральные линии на тёмном фоне. Под спектром имеется шкала длин волн в ангстремах, с помощью которой можно находить длины волн спектральных линий.

Рассматривая расположение линий железа в спектре на рис. 41, нетрудно заметить несколько легко запоминающихся групп линий. Например, в фиолетовой области, начиная от 4250 до 4337 Å, бросаются в глаза около десяти довольно ярких линий, боль-

ЭБ*) Аккомодация — приспособляемость глаза к чёткому видению.

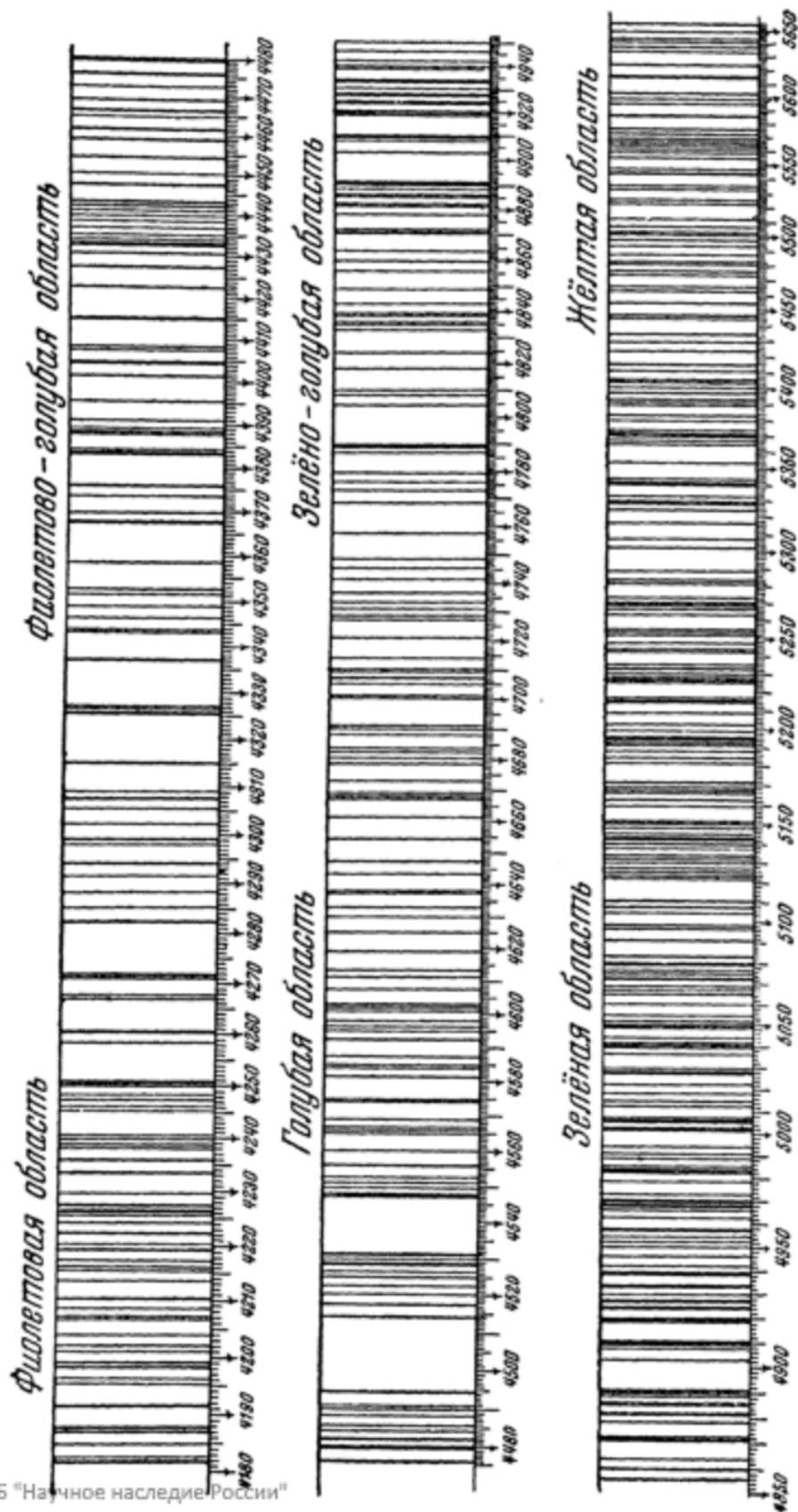


Рис. 41. Видимая область спектра железа.

шинство из которых расположено на равных расстояниях друг от друга; сравнительно недалеко находятся три яркие линии 4384, 4404 и 4415 Å. Обращает на себя внимание голубая область от 4500 до 4600 Å, где не содержится ярких линий, кроме трёх: 4525, 4528 и 4531 Å, отчётливо выделяющихся в этом бедном линиями участке спектра. Между голубой и зелёной областями хорошо заметны три яркие двойные линии: 4870, 4890 и 4920 Å.

В жёлтой области хорошо запоминаются две тройки линий: 5497, 5501, 5507 Å и 5570, 5573, 5576 Å; в промежутке между этими группами ярких линий не содержится.

Перечисленные здесь линии легко разыскиваются в спектре благодаря своему характерному расположению и являются вехами, по которым разыскивают более сложные скопления линий. Для этой цели можно, конечно, выбрать ещё и другие группы линий, причём весьма желательно, чтобы работающий обращал на это внимание и зарисовывал хорошо запоминающиеся группы.

Умение ориентироваться в спектре железа очень важно при качественном анализе. Если наблюдатель желает приобрести навык к расшифровке спектров, ему не следует жалеть времени на знакомство со спектром железа, который является своеобразной шкалой для определения длин волн спектральных линий.

§ 8. Определение длин волн спектральных линий с помощью спектра железа

При работе со стилоскопом довольно часто требуется определять длины волн спектральных линий. Это важно для качественного анализа, а также при разработке новых методик.

Оценку области спектра можно сделать с помощью дисперсионной кривой (рис. 5), если стилоскоп имеет шкалу для фиксации положения окуляра (как в стилоскопах СЛ-1 и СЛ-3) или шкалу для фиксации поворота призмы (как в автоколлимационном стилоскопе). Однако зачастую нельзя ограничиваться такой оценкой, а необходимо найти длину волны какой-либо спектральной линии с большей достоверностью.

Если интересующая нас спектральная линия расположена в спектре железа, то приближённая оценка её длины волны не представляет большого труда: зная длины волн линий железа, мы с помощью рис. 41 или соответствующего атласа (см. таблицу I), отождествляем нашу спектральную линию с одной из линий железа. Например, если мы видим линию 1, расположенную, как кажется,

посредине между линиями железа 2 (4789 \AA) и 3 (4859 \AA) на рис. 42*), то легко определим, что её длина волны около 4824 \AA

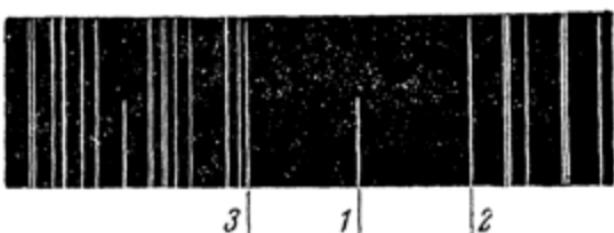


Рис. 42. Пример для оценки длины волны линии марганца. 1 — Mn $4823,5 \text{ \AA}$, 2 — Fe 4789 \AA , 3 — Fe 4859 \AA .

(половина расстояния между линиями 2 и 3 составляет 35 \AA ; прибавляя это число к 4789, получаем 4824 \AA). Заглянув в таблицы спектральных линий [20], находим, что яркая линия марганца имеет длину волны $4823,52 \text{ \AA}$. Следовательно, естественнее всего пред-

можно притти к подобному же результату, исходя из более грубых предположений; уже совершенно очевидно, что искомая линия расположена ближе к линии 4250 Å и отсекает участок, меньший половины расстояния между соседними линиями железа; с другой стороны, нетрудно заметить, что расстояние от линии 4250 Å до линии 1 больше трети промежутка между линиями 4250 Å и 4260 Å. Взяв среднее значение между этими оценками (0,5 и 0,3), находим, что искомая линия находится на расстоянии около 0,4 Å от линии железа 4250 Å.

Этих двух примеров совершенно достаточно, чтобы наглядно убедиться, насколько простыми приёмами можно производить оценки длин волн спектральных линий при помощи известного спектра железа. Отсюда понятно, что для успешной работы по расшифровке спектров необходимо иметь атлас железного спектра и таблицы спектральных линий. На рис. 41 приведена фотография спектра железа со шкалой длин волн; более полно спектр железа представлен на таблицах Гаттерера, данных в приложениях к настоящей книге (таблица I). На этих таблицах возле каждой линии написана длина волны.

Кроме фотографий спектра железа, необходимо иметь таблицу длин волн линий железа, также приведённую в приложениях (таблица V *).

§ 9. Качественный спектральный анализ

Каждый химический элемент имеет присущий ему спектр излучения. Следовательно, присутствие в спектре линий данного элемента указывает на наличие его в анализируемом веществе. Таким образом, одним из главнейших этапов качественного анализа является установление принадлежности спектральных линий тому или иному элементу, т. е. отыскание длин волн этих линий.

Чаще всего качественный спектральный анализ производят по фотографиям ультрафиолетовой области спектра. В некоторых случаях только фотографическим путём и удается решить требуемую задачу, но визуальные методы анализа зачастую также позволяют успешно выполнять качественные определения.

Мы не будем здесь останавливаться на общих вопросах качественного спектрального анализа, достаточно полно изложенных в литературе^[1, 2, 6], а укажем только на особенности методики визуальных определений с помощью стилоскопа.

Определение длин волн спектральных линий при помощи спектра железа для установления принадлежности данной линии тому

* Длины волн линий железа на таблице I незначительно отличаются от длин волн таблиц Гаррисона^[11].

или иному элементу, хотя и требует определённых навыков, но, в сущности, является простой операцией, если спектр железа расположен либо под исследуемым спектром, либо накладывается на последний. В рассмотренных примерах по определению длин волн линий хрома и марганца мы не заботились о совмещении изучаемого спектра со спектром железа, являющегося шкалой, ибо в спектре стали уже имеются линии железа. Несколько иначе приходится поступать для отыскания неизвестных примесей в других сплавах, например, алюминиевых или медных.

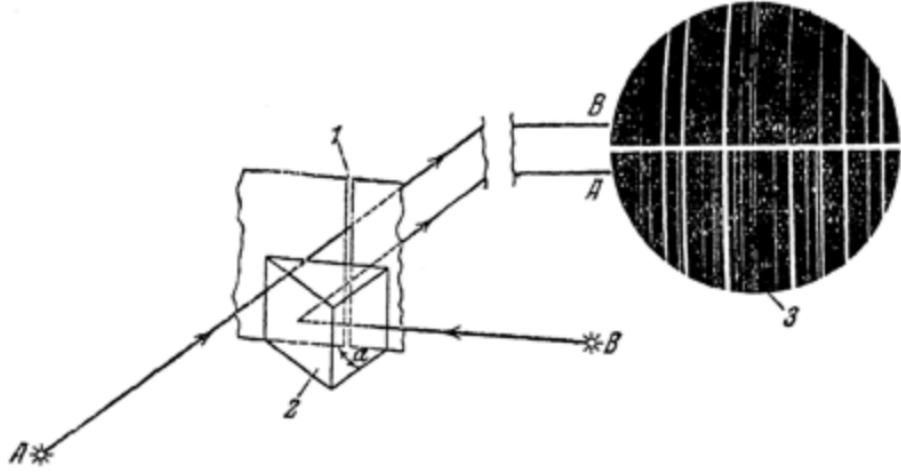


Рис. 44. Расположение призмы полного внутреннего отражения перед щелью спектроскопа для одновременного наблюдения спектров от двух источников света. А — дуга между стальными электродами, В — дуга между железными электродами, 1 — щель спектроскопа, 2 — призма полного внутреннего отражения ($\alpha = 90^\circ$), 3 — картина, видимая в окуляр спектроскопа, вверху спектр от дуги В, внизу — от дуги А (изображение переворачивается объективом зрительной трубы).

В этих случаях необходимо как-то ввести спектр железа в исследуемый спектр или расположить эти спектры один над другим. Проще всего, казалось бы, одновременно посыпать в спектроскоп излучение как от исследуемого образца, так и от дуги между железными электродами, установив возле щели прямоугольную призму 2 и два источника, как это схематично показано на рис. 44. Тогда в окуляр можно наблюдать два соприкасающихся спектра, один из которых принадлежит железу или другому элементу, взятому для сравнения.

Раньше обычно так и делали. Например, Шлиссман^[46] при анализе сталей устанавливал две дуги: одну — между испытуемыми стальными электродами и другую — между железными электродами для получения спектра сравнения. При этом одну половину поля зрения занимал спектр стали, а другую — спектр чистого железа (рис. 44). Линии железа, совпадающие в обоих

спектрах, проходят через всё поле зрения, а линии примесей в стали доходят только до середины его.

В настоящее время, изображая схемы расположения спектральных линий для стилоскопа, прочерчивают линии примесей только до половины спектра, повторяя по традиции наглядное изображение расположенных друг под другом спектров от двух источников света*). Но самый способ, который символизируют такие рисунки, ныне почти не применяется вследствие сложности установки с двумя источниками света, что связано с дополнительными хлопотами по юстировке.

При качественном анализе стилоскопом можно обойтись хотя и менее наглядными, но более простыми приёмами определения длин волн спектральных линий.

Если необходимо расшифровать некоторые линии в спектре стали, то поступают таким же образом, как было показано выше на примере линий хрома и марганца. Если спектр стали весьма сложен вследствие обилия дополнительных линий (например, хрома), то предварительно необходимо внимательно ознакомиться с наблюдаемой областью спектра от дуги между железными электродами и уже после этого, отчётливо зная положение линий железа, установить испытуемый образец и изучать линии примесей.

При анализе нежелезных сплавов в изучаемый спектр можно ввести линии железа, взяв постоянный железный электрод. Если же это по каким-либо причинам окажется неудобным (например, в образце необходимо определять железо), то следует поступить таким образом: установить указатель окуляра на интересующую нас линию и, не меняя фокусировки, поставить железные электроды и зажечь дугу; по положению указателя в спектре железа найдём длину волны искомой спектральной линии. В этих случаях очень удобно применять штативы с револьверными дисками^[72], позволяющие производить быструю смену электродов. Однако отсутствие указателей в окулярах некоторых стилоскопов препятствует такому приёму расшифровки неизвестных линий. В этом случае роль указателя могут выполнить пылинки или местные загрязнения линз окуляра, которые почти всегда имеются и могут быть обнаружены при внимательном рассмотрении поля зрения.

Описанный выше приём, когда мы посредством указателя как бы переносим искомую линию в другой спектр, довольно часто применяется при качественном анализе с помощью стилоскопа. Такой способ применяется не только для определения длины волны, но и для подтверждения предположения о принадлежности

*). Такой способ выделения линий искомых элементов применяется и в настоящем руководстве (см. первую сноску на стр. 66).

данной линии. Пусть, например, имеется предположение, что интересующая нас спектральная линия принадлежит никелю; зафиксировав её место указателем, зажигаем дугу между электродами из никеля и проверяем, действительно ли появится линия в спектре никеля в зафиксированном месте. Часто именно таким способом можно быстро и просто подтвердить принадлежность данной линии к определённому элементу. При отсутствии электродов из нужного нам вещества последнее можно ввести (либо в виде металла, либо в виде солей) в дугу между металлическими электродами, дающими бедный линиями спектр.

Лаборанту, хорошо знакомому с техникой работы на стилоскопе, при качественном анализе элементов не требуется определять длины волн спектральных линий, если он обычно делает грубо количественные анализы тех же элементов. В этих простейших случаях качественный анализ выполняется без всяких затруднений; однако необходимо иметь в виду, что иногда бывает трудно отыскать даже знакомые линии, если меняется общий вид спектра. Примером этому могут служить ферросплавы. Элементы, присутствующие в них в большом содержании, обычно достаточно просто определяются в сталях, но в ферросплавах установить их наличие по тем же спектральным линиям довольно трудно. В таких случаях полезно привести спектр к более привычному виду, взяв железные электроды и положив на один из них небольшую кручинку испытуемого вещества. Выждав некоторое время, пока внесённое вещество почти нацело выгорит, наблюдают спектр, в котором линии искомого элемента значительно ослаблены и выглядят примерно так же, как и в стали. Теперь значительно легче сделать суждение о пробе, нежели в том случае, когда последняя служит электродом дуги. Таким же образом можно поступать при распознавании металлов, дающих многолинейчатые сложные спектры (например, вольфрам, молибден, никель и др.).

Описанный приём уместен только в том случае, если подобные задачи встречаются довольно редко. Если же приходится часто сортировать металлы и ферросплавы, то следует установить более удобные спектральные линии и производить анализ, употребляя пробу в качестве электрода дуги. Если образец для анализа представляет собой проволоку, фольгу, тонкую стружку или легкоплавкий сплав, то спектр следует возбуждать дугой переменного тока с прерывателем (см. § 3).

С помощью стилоскопа можно производить качественные анализы не только металлов и сплавов, но также растворов, порошков, шлаков, стекла и пр. Все эти вещества тем или иным способом наносятся на металлический электрод и сжигаются в дуге.

При работе с непроводящими порошками и жидкостями введение в дугу небольшой порции вещества может оказаться недо-

статочным для проведения анализа, и приходится отрываться от наблюдений, чтобы ввести новую порцию пробы. Гораздо удобнее для равномерной подачи анализируемой пробы воспользоваться описываемыми ниже простыми приспособлениями (рис. 45 и 46). Для анализа жидкостей удобно применять вращающийся электрод^[101], устройство которого схематично изображено на рис. 45. Нижним электродом является медный диск 1 диаметром 20—25 мм и толщиной около 2 мм, закрепляемый на валу 2 муфтами 3. Вал 2 вращается мотором Уоррена со скоростью 1 об/сек. Часть диска погружена в сосуд 4, содержащий испытуемый раствор; 5—верхний электрод, 6—пламя дуги, 7—металлическая коробка, несущая подшипники 8 и сосуд с раствором. Стержень 9 зажимается в дуговой штатив, ток к диску 1 подводится через коробку 7, подшипники 8 и вал 2. При вращении диска в пламя дуги всё время вводятся новые порции раствора, и спектр испытуемого вещества достаточно стабилен не только для качественных, но и для количественных определений.

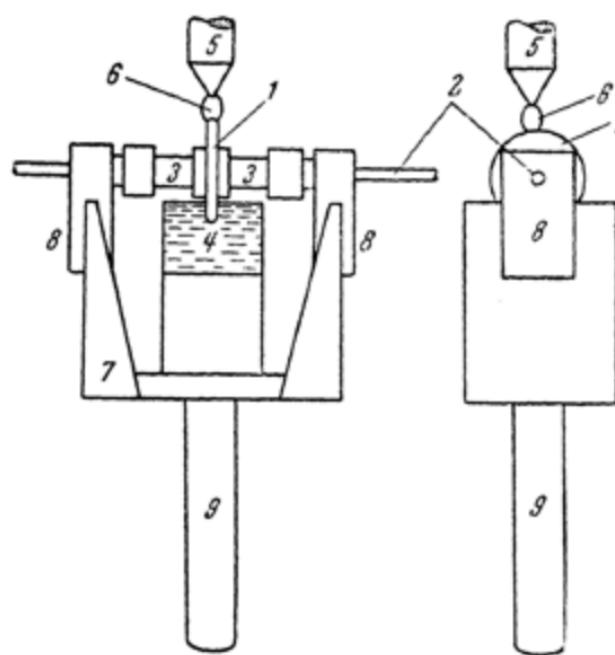


Рис. 45. Вращающийся электрод для анализа жидкостей.

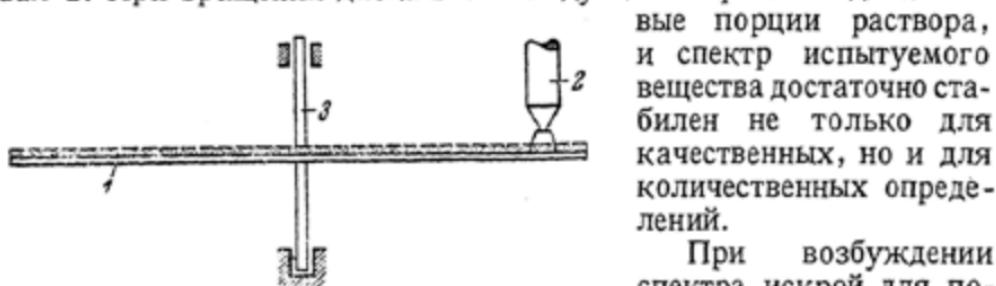


Рис. 46. Вращающийся электрод для анализа порошков.

Для анализа измельчённых порошков пробы наносится тонким (около 1 мм) слоем на горизонтальный медный диск 1 (рис. 46), служащий нижним электродом дуги. Верхний электрод — за-

острёный медный стержень 2. Диск 1 вращается с помощью мотора Уоррена вокруг оси 3 таким образом, чтобы рабочая зона его перемещалась с линейной скоростью около 1 см/сек. Таким образом, под верхний электрод подходят всё новые и новые порции пробы и в пламя дуги непрерывно поступает исследуемый порошок; при этом он частично разбрасывается разрядом, но всё же в достаточном количестве попадает в пламя дуги. Следует отметить, что в дуге переменного тока разбрасывание порошка уменьшается при уменьшении ёмкости блокировочного конденсатора*) 16 (рис. 26); при замене этого конденсатора лампой нагревания малой мощности разбрасывание порошкообразной пробы незначительно.

При отсутствии мотора Уоррена вращающийся электрод как для жидкостей, так и для порошков можно достаточно равномерно перемещать от руки, связав с помощью шкива и шнура ось диска с расположенной вблизи наблюдателя рукояткой.

При анализе стекла, шлаков и горных пород, сплавляющихся под воздействием дуги в королёк, тщательного измельчения пробы и применения вращающегося электрода не требуется.

Если положить на металлический электрод крупинку такой пробы, то она расплывается под воздействием дуги и испаряется. Вначале в спектре возникают только линии более летучих составляющих, но по мере выгорания пробы можно будет наблюдать и малолетучие примеси. Для полного представления об исследуемом веществе следует наблюдать за спектром до полного выгорания пробы. Чтобы это наблюдение не было чересчур длительным, рекомендуется брать небольшое количество вещества.

Подобный же приём можно применить при анализе легкоплавких металлов и сплавов.

Совершенно очевидно, что во всех описанных случаях можно использовать также угольные или графитовые электроды, если только анализу не мешают молекулярные спектры и линии примесей в угле или графите. Проба помещается обычно в углубление нижнего электрода.

Попутно следует отметить, что с помощью стилоскопа можно очень хорошо наблюдать изменения излучения с течением времени вследствие дистилляции составных частей пробы или каких-либо иных процессов. В некоторых случаях эти наблюдения дают более полную картину протекания явлений, наблюдаемых по спектру, нежели спектрограммы, обычно фотографируемые в течение достаточно длительных промежутков времени.

В заключение этого параграфа подчеркнём ещё раз, что с помощью стилоскопа несомненно можно производить качественный

*) Это было замечено И. С. Абрамсоном, который любезно сообщил о своих наблюдениях автору.
ЭБ "Научное наследие России"

спектральный анализ. Некоторые качественные задачи требуют хороших навыков в наблюдениях и расшифровке спектров, но при известном внимании они могут быть успешно решены. Особенная осмотрительность требуется, если спектроаналитику предоставляет небольшое количество пробы; в том случае, конечно, целесообразнее проводить анализ фотографическим путем с помощью спектрографа.

Необходимым пособием при качественном спектральном анализе служат атласы спектров и таблицы спектральных линий. В приложениях к настоящему руководству, кроме атласа спектра железа, приведены таблицы наиболее чувствительных (так называемых «последних») спектральных линий элементов в видимой области спектров; там же помещены репродукции видимой области спектров наиболее часто встречающихся металлов (репродукции взяты из атласа Эдера и Валента^[23]).

В ряде случаев полезно самостоятельно готовить атласы спектров, видимых в стилоскоп, тем более, что это не представляет больших трудностей. Фотографию требуемой спектральной области можно получить, поместив фотоаппарат непосредственно за окуляром; резкость изображения на матовом стекле достигается фокусировкой окуляром стилоскопа и объективом фотоаппарата. Хотя в этом случае на фотографическую пластинку будет падать изображение спектра малой интенсивности и потребуются довольно продолжительные экспозиции (от 2 до 10 мин.), но всё же таким образом можно получить достаточно удовлетворительные снимки*).

§ 10. Качественный спектральный анализ

Наблюдая спектр вещества, можно установить его состав по присутствию определенных спектральных линий. Кроме того, по яркости спектральных линий можно оценить содержание интересующих нас примесей в исследуемом веществе. Чем больше содержание примеси в испытуемом образце, тем интенсивнее линии этой примеси в спектре. Например, из рис. 47 наглядно видно, как меняется интенсивность линии хрома 4254,35 Å при изменении его содержания в стали от 0,12 до 6%. На рис. 48 наблюдаем аналогичную картину для вольфрама. Таким образом, по интенсивностям спектральных линий примесей можно судить о процентном содержании последних, т. е. производить количественный спектральный анализ. Однако спектральные линии примесей нельзя наблюдать изолированно, не обращая внимания на другие линии спектра. В противном случае можно легко допустить боль-

*). Проще и лучше такие снимки делать с помощью спектрографа для видимой области спектра. Можно также превратить стилоскоп в спектрограф, как это описано Н. И. Бортниковым [71], Г. П. Илларионовым [72], А. А. Склеровым [66], Л. М. Иванцовым [115] и др., применив соответствующие фотографические насадки.

шие ошибки при оценке концентраций, ибо интенсивности линий данной примеси зависят не только от её процентного содержания в образце, но и от условий возбуждения спектра. К тому же довольно трудно судить об интенсивности отдельной линии, не сравнивая её с каким-либо стандартом.

Но даже если опытный наблюдатель и сможет оценить абсолютные интенсивности линий, то тем не менее какое-либо объективное описание этих линий будет всё же затруднительным. Поэтому оценку интенсивности спектральной линии производят путём сравнения её с другими спектральными линиями, интенсивности которых приняты за условный стандарт.

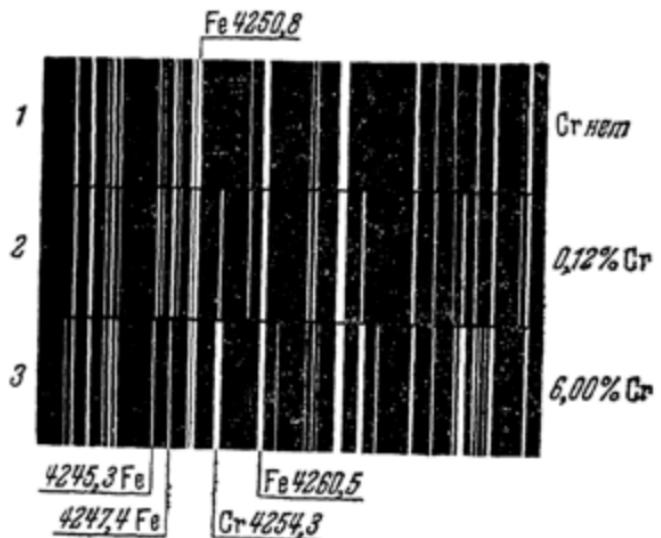


Рис. 47. Изменение интенсивности линии хрома при изменении его содержания. 1 — спектр чистого железа, 2 — спектр стали, содержащей 0,12% Cr, 3 — спектр стали, содержащей 6,0% Cr.

Таким образом, о концентрации искомой примеси мы судим по отношению интенсивностей двух линий: линии примеси и линии сравнения. Например, на рис. 47 можно положить, что при 0,12% хрома линия Cr 4254,35 Å близка по интенсив-

ности линии Fe 4247,43 Å, а при 6% та же линия хрома несколько интенсивнее линии Fe 4260,48 Å. Такого рода оценки являются в значительной мере объективными и практически не зависят от условий возбуждения спектра.

Описанный метод оценки содержания искомой примеси является в настоящее время общепринятым в количественном спектральном анализе и носит название метода гомологических пар или метода внутренних стандартов [1, 6, 10].

Обычно таким стандартом, т. е. линией сравнения, является спектральная линия основы сплава. Например, для сталей линиями сравнения являются линии железа, для латуней и бронз — линии меди, для дюралюминия и силумина — линии алюминия и т. д. Однако в некоторых случаях бывает необходимо ввести в спектр другой стандарт, например, в спектр алюминиевого сплава — ввести линии сравнения железа (взяв железный постоянный электрод),

так как спектр алюминия беден линиями. В дальнейшем в каждом отдельном случае будет обосновано применение постоянного электрода, отличного по составу от испытуемого сплава.

Во всех случаях оценка концентраций будет производиться не по одной спектральной линии, а по двум линиям, вернее по относительной интенсивности этих двух линий. Если необходимо определить несколько концентраций данного элемента, то следует выбрать несколько пар линий сравнения. Наиболее достоверную оценку можно сделать, устанавливая наличие равенства их интенсивностей. Менее чёткие, но всё же достаточно достоверные признаки для оценки можно получить, устанавливая большую или меньшую интенсивность анализируемой линии относительно стандарта. Очень часто этих трёх возможных признаков бывает недостаточно для проведения анализа в требуемом интервале концентраций, так что приходится выбирать довольно большое число пар линий сравнения, нередко в разных областях спектра.

При обучении работе на стилоскопе необходимо напрактиковаться в отыскании выбранных для анализа линий. На большинстве стилоскопов требуемую область спектра можно разыскать без труда: для этого следует установить окуляр таким образом, чтобы связанный с ним индекс совпал со штрихом, имеющим наименование соответствующего химического элемента (например, Cr, Ni, W и т. п.). Если же необходимо наблюдать область спектра, не отмеченную штрихом на шкале стилоскопа, то окуляр устанавливается с помощью шкалы, проградуированной в длинах волн (см. рис. 5).

Для качественного анализа требуется как умение определять длины волн любых спектральных линий, наблюдаемых в стилоскоп, так и умение отыскивать спектральные линии в спектре по известной длине волны. Для сортировки же сплавов необходимо находить в спектре всё время одни и те же определённые группы линий, положение которых легко запоминается после непродолжи-

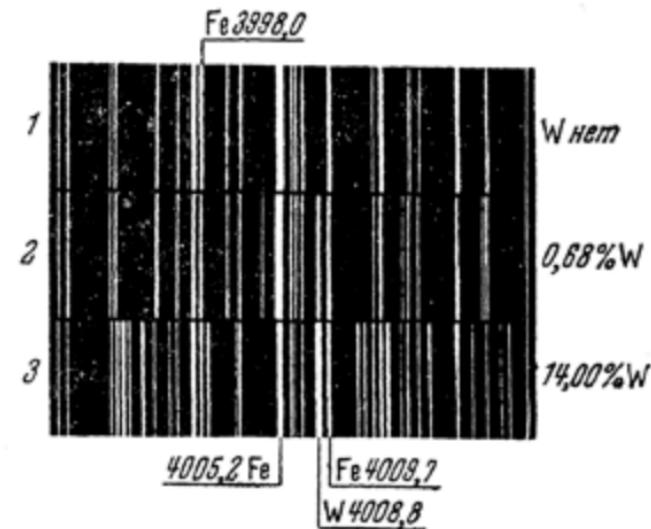


Рис. 48. Изменение интенсивности линии вольфрама при изменении его содержания. 1 — спектр чистого железа, 2 — спектр стали, содержащей 0,68%W, 3 — спектр стали, содержащей 14%W.

тельной практики. Несколько труднее приобрести навыки в оценке интенсивностей спектральных линий. Для определения содержания искомой примеси сравниваемые линии нужно внимательно рассмотреть и затем оценить интенсивность линии определяемого элемента относительно линии сравнения. Здесь может быть несколько случаев.

1. Линия определяемого элемента и линия сравнения основного вещества имеют равные интенсивности. В этом случае оценку будем в дальнейшем обозначать знаком равенства; при этом перед знаком равенства будем ставить условное обозначение спектральной линии определяемого элемента, а после знака равенства — обозначение спектральной линии сравнения. Чтобы привести таблицы оценок к наиболее простому виду, сравниваемые спектральные линии мы будем обозначать условными цифрами (а не длинами волн), приводя, конечно, расшифровку этих обозначений. Например, запись оценки интенсивностей «1=2» при определении хрома в сталях по группе Cr_2 0,1% означает, что при 0,1% хрома спектральная линия хрома с длиной волны 4254,35 Å равна по интенсивности линии железа с длиной волны 4247,43 Å. При этом не следует смущаться несколько парадоксальным видом записи «1=2», помня, что здесь приравниваются интенсивности, а не числа, их выражающие, и запись «1=2» кратко говорит, что интенсивность первой линии равна интенсивности второй линии.

Оценки интенсивностей спектральных линий при определенных концентрациях мы будем в дальнейшем называть спектроскопическими признаками определений.

2. Линия определяемого элемента слабее по интенсивности, чем линия сравнения. Такую оценку будем обозначать знаком <. Знак < указывает, что интенсивность линии, стоящей слева от него, меньше, чем интенсивность линии, стоящей справа. Например, при оценке марганца по группе Mn_1 0,3% запись «1<3» означает, что при содержании марганца около 0,3% линия марганца длины волны 4754,04 Å по интенсивности слабее линии сравнения железа длины волны 4736,78 Å.

3. Линия определяемого элемента сильнее по интенсивности, чем линия сравнения. Такую оценку будем обозначать знаком >, который, по аналогии с предыдущим случаем, означает «больше».

4. Линия определяемого элемента очень близка по интенсивности к линии сравнения, но либо сильнее, либо слабее её; в этих случаях будем пользоваться соответственно значками > и <.

5. Линия определяемого элемента либо значительно слабее по интенсивности, либо значительно сильнее линии сравнения; в этих случаях будем употреблять соответственно знаки << и >>.

Во всех иных случаях оценки интенсивностей будут описываться словами.

Согласно принятым обозначениям, многочисленные спектроскопические признаки, приведённые в настоящем руководстве, даны в соответствующих таблицах. Кроме того, полная сводка всех признаков по каждому сплаву дана в приложениях. При практическом применении этих таблиц необходимо помнить, что кроме условности в обозначениях спектральных линий существует также некоторая условность цифр, указывающих концентрации. Эта условность вытекает из самого существа метода количественных определений с помощью стилоскопа — это метод приближённый. Средняя погрешность, допускаемая при работе со стилоскопом, составляет около 20%, т. е. пятую часть измеряемой величины. Поэтому цифру, указывающую концентрацию, необходимо понимать не как абсолютно точное значение концентрации, а как среднее значение интервала концентрации $\pm 20\%$. Например, если при определении хрома мы пользуемся оценкой Сг 1% при «1 = 6», то не следует считать, что при равной интенсивности линий 1 и 6 содержание хрома будет точно 1%, а для 0,9% должна существовать уже какая-то другая оценка. В данном случае 1% есть некоторое условное значение области концентраций от 0,8 до 1,2%.

Может быть, в таблицах спектроскопических признаков следовало бы всегда приводить не одну цифру, а две, определяющие какую-то область концентрации. Но для более экономной записи таблиц и в силу установившейся традиции мы будем придерживаться обычно принятого порядка составления таких таблиц; однако, считаем уместным предостеречь от формального понимания их. Иногда не удается установить оценки для определений концентраций с точностью до 20%, в некоторых случаях можно достичь большей точности, в некоторых случаях — меньшей. Тогда в таблицах указывается интервал концентраций. Например, при определении молибдена в сталях (таблица 31) можно уточнить определение, и мы имеем такие интервалы концентраций: 0,12—0,13; 0,17—0,18; 0,23—0,25 и т. п. При определении хрома по группе Сг, признак 1=4 сохраняется в очень большом интервале концентраций 2,5—8%, поэтому естественно указать на это в соответствующих таблицах.

Спектральные линии, по которым производятся оценки концентраций, изображены на соответствующих рисунках, помещённых как в тексте настоящей книги, так и в приложениях к ней; но, само собой разумеется, интенсивности линий определяемого элемента представлены случайно, и такие рисунки не следует принимать к руководству при оценках интенсивности. Это — схемы, предназначенные только для облегчения отыскания нужных спектральных линий. Нельзя также ожидать полного сходства этих рисунков с областями спектров, ибо всегда вероятны различия в расположении линий в спектре и в схеме.

чия в деталях. На рисунках приведены только линии определяемого элемента среди линий спектра основного вещества сплава, но там отсутствуют линии других примесей, которые могут встретиться в сплавах. Линии определяемых элементов прочерчены до середины поля, чтобы они выделялись из общей картины спектра. Размытые линии изображены штрихованными полосами.

Навыки в оценке интенсивностей необходимо приобретать не по рисункам, а обязательно при наблюдении действительных спектров, видимых в стилоскопе, пользуясь образцами с известным химическим составом. В большинстве случаев проведение оценок проходит без затруднений, и нужный для этого опыт приобретается довольно быстро, хотя иногда возникают трудности, если сравниваемые линии могут отличаться по своему виду или поведению. Например, одна линия может быть резкой, другая — размытой, или обе линии — размытыми, но в различной степени, характер свечения сравниваемых линий может быть тоже различен, линия определяемого элемента может изменять свою интенсивность со временем, тогда как интенсивность линии сравнения устойчива.

Если интенсивность аналитической линии плавно возрастает или убывает, то сравнение необходимо производить в течение какого-то определённого времени, которое обычно рекомендуется в каждом отдельном случае. Естественно, что при этом стараются производить наблюдение таким образом, чтобы за это время произошли наименьшие изменения интенсивностей. Ещё большие затруднения при оценке возникают, если линия определяемого элемента вспыхивает, как, например, линия никеля в сталях. В этом случае необходимо производить оценку либо в моменты минимальной интенсивности вспыхивающей линии (в промежутке между вспышками), либо в моменты наибольшей интенсивности (в моменты вспышек). Если же вспышки выражены не очень отчётливо, а происходят только плавные, но частые пульсации интенсивности, то необходимо уловить среднюю интенсивность и оценить её. Бессспорно, что при таких обстоятельствах, когда необходимо сравнивать линии различного вида, определения производить труднее, и они удается только после продолжительных упражнений.

Здесь уместно отметить, что в редких случаях могут происходить резкие мигания обычно устойчивых линий; такие случайные вспышки не принимаются во внимание при оценках.

Интенсивность всего спектра не остаётся строго постоянной, блуждание дуги и неравномерность её горения вызывают заметные изменения яркости спектра. Но хотя таких изменений интенсивности всего спектра и не всегда удается избежать, больших помех они не создают, ибо одновременно меняются интенсивности как линий примесей, так и линий основного вещества, относительные же интенсивности их в известных пределах остаются неизменными. Более того, в некоторых случаях (при анализе проволок,

стружек, фольги), во избежание чрезмерно быстрого сгорания образца, горение дуги умышленно прерывают несколько раз в секунду. При этом интенсивности удается оценивать столь же хорошо, как и при непрерывном горении дуги, хотя вначале не-привычное фотометрирование вспыхивающих линий несколько затруднительно.

При наблюдении спектральных линий важно также учитывать различную чувствительность глаза к разным областям спектра. Как известно, глаз человека наиболее чувствителен к жёлто-зелёной области с длиной волны 5540 Å; в красной и фиолетовой областях чувствительность глаза значительно ослаблена. В таблице 3 дана относительная чувствительность среднего глаза к чистым спектральным цветам, называемая относительной видностью.

Таблица 3

Относительная видность чистых спектральных цветов *)

Длина волны света в Å	Относительная видность	Длина волны света в Å	Относительная видность
3900	0,00012	5600	0,995
4000	0,0004	5800	0,870
4200	0,0040	6000	0,631
4400	0,023	6200	0,381
4600	0,060	6400	0,175
4800	0,139	6600	0,061
5000	0,323	6800	0,017
5200	0,710	7000	0,0044
5400	0,954	7200	0,000105
5540	1,000		

*) Извлечение из ОСТ/ВКС 8485, введённого 1/1 1936 г.

Конечно, анализируемые линии желательно выбирать в областях спектра, хорошо воспринимаемых глазом, но этому пожеланию не всегда можно следовать. У некоторых элементов линии, служащие для анализа, расположены только в мало удобных для наблюдения областях спектра. Например, алюминий можно определять только по фиолетовым линиям 3944 Å и 3961,5 Å, а кремний — либо по линии 3905,5 Å, либо по линиям 6347,01 Å и 6371,1 Å. Важно отметить, что и с такими линиями можно работать и оценивать их интенсивность, необходима только большая внимательность. При этом следует осторегаться делать быстрые заключения, пока глаз ещё не успел приспособиться (адаптироваться) к соответствующему излучению. Вероятность ошибок в оценках особенно велика при переходе от наблюдений в жёлто-зелёной

области спектра к наблюдениям в фиолетовой или красной; в этом случае заключение об отсутствии спектральной линии определяемого элемента следует делать с особой осторожностью. Чтобы не впасть в ошибку вследствие недостаточной адаптации глаза, необходимо заканчивать наблюдения только после того, как удастся рассмотреть линии сравнения.

В заключение дадим ещё один совет. При наблюдении в стилоскоп не следует прищуривать или закрывать рукой второй глаз, так как зрение одним глазом содействует быстрому утомлению его. Необходимо привыкнуть производить наблюдения, не закрывая другого глаза. Если это покажется затруднительным, то возле окуляра стилоскопа следует укрепить экран из чёрной матовой бумаги, который закрывал бы поле зрения второго глаза^[18, 19].

Таким образом, проведение анализа выполняется в следующем порядке. Убедившись, что электроды и образцы защищены достаточно тщательно, наблюдатель производит их установку (если прибор обслуживается двумя работниками, то эту операцию выполняет помощник наблюдателя), зажигает дугу, отыскивает нужную группу линий и производит оценку содержания искомого элемента, записывая полученные результаты в журнал по заранее заготовленной форме.

Установив процентное содержание каждого элемента, образец по совокупности всех определений относят к той или иной марке сплава. Однако при наличии в группах сплавов, потребляемых предприятием, двух или трёх марок с близкими содержаниями легирующих элементов, может случиться, что эти марки не удастся различить, основываясь на данных визуального анализа стилоскопом. В этом случае следует обратиться к фотографическому методу количественного спектрального анализа или воспользоваться другими физическими или химическими методами анализа.

Разработка методики количественного анализа. В настоящем руководстве описаны методики количественных определений довольно большого числа элементов в различных сплавах, но этим, конечно, не исчерпываются все возможности использования стилоскопа; несомненно, в дальнейшем будет разрабатываться его применение для анализа новых сплавов и других материалов. Поэтому здесь уместно сформулировать краткие указания, которые могут быть полезны при разработке и усовершенствовании стилоскопных методик.

Следует отметить, что разработка новых методик количественных определений и усовершенствование существующих не требуют особо сложных исследований и могут вполне успешно проводиться в заводских лабораториях спектрального анализа, имеющих значительный опыт работы на стилоскопе.

Если возникают новые задачи, которые могут быть решены при помощи стилоскопа, то необходимо инициативно браться за их разработку непосредственно на заводе, не ожидая, пока какая-либо научно-исследовательская лаборатория выполнит эту работу.

Ниже приведён примерный порядок, которому желательно при этом следовать.

1. Постановка задачи. Необходимо чётко определить задачу, выяснив требуемые технические условия. Какие сплавы необходимо сортировать? Какого химического состава? Какие элементы и в каких содержаниях необходимо будет определять? При этом важно детально ознакомиться с имеющейся литературой по данному вопросу.

Для примера предположим, что требуется сортировать латуни указанных в таблице 4 марок. Из таблицы следует, что ЛМцНЖ

Таблица 4
Химический состав некоторых латуней

Обозначения марок латуней	ЛМц 58-1-5	ЛМцЖ 52-4-1	ЛМцНЖ 52-2-2-1	ЛМцС 58-2-2	ЛС 59-1
---------------------------	------------	-------------	----------------	-------------	---------

Химический состав в процентах

Медь	57—60	50—54	50—54	57—60	57—60
Марганец	1—2	3,5—4,5	1,8—2,2	1,5—2,5	—
Железо	—	0,8—1,2	0,7—1,1	—	—
Свинец	—	—	—	1,5—2,5	0,8—1,9
Никель	—	—	1,8—2,2	—	—
Цинк	остальное	остальное	остальное	остальное	остальное

Допускаемые примеси в процентах

Железо	1	—	—	0,5	0,5
Олово	0,25	0,2	0,1	0,2	0,25
Сурьма	0,005	0,05	0,005	0,05	0,01
Висмут	0,002	0,01	0,002	0,02	0,003
Мышьяк	0,01	0,05	0,01	0,02	0,02
Фосфор	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Свинец	0,1	0,1	0,02	—	—
Алюминий	0,3	0,5	0,6	0,5	—

полностью характеризуется присутствием никеля, ЛМцС характеризуется присутствием свинца и марганца, ЛС характеризуется присутствием свинца и отсутствием марганца. Следовательно, эти марки (ЛМцНЖ, ЛМцС и ЛС) отличить друг от друга очень просто. Казалось бы, можно просто отличить и ЛМц от ЛМцЖ, так как в первой латуни не требуется присутствия железа, но

оно может присутствовать как загрязнение в содержании до 1%, т. е. в таких же количествах, как и в марке ЛМцЖ. Следовательно, присутствие железа не может послужить надёжным признаком марки ЛМцЖ; необходимо искать отличий по другим элементам. Остаётся только марганец, он присутствует в обоих сплавах, но в разных содержаниях (1,5 и 4%). В самом неблагоприятном случае эта разница невелика: 2 и 3,5%. Это различие в содержании марганца очень трудно установить при помощи стилоскопа.

Таким образом, в данном примере задача сводится к тому, чтобы определять присутствие: около 2% никеля, около 1—2% свинца и около 2% марганца; железо можно даже не определять. Желательно, конечно, найти признаки для отличия 2 и 3,5% марганца.

2. Предварительный выбор условий работы. В зависимости от задачи и характера проб необходимо наметить условия работы. Нужно учесть, не потребуется ли для данного случая изменить общепринятую методику (например, изменить силу тока, ввести прерыватель, установить особый режим источника и пр.); затем следует выбрать материал постоянного электрода и проверить постоянные электроды на отсутствие в них искомых элементов.

При выборе силы тока нужно иметь в виду, что для увеличения чувствительности определений следует увеличивать силу тока, однако в этом случае уменьшается воспроизводимость анализов.

Вернёмся к нашему примеру (таблица 4). Будем считать, что пробы поступают в виде обычных слитков и не потребуется предупреждать порчу их поверхности или чрезмерно бурное горение её. Тогда можно остановиться на следующих условиях: источник света — дуга, ток 6 ампер, постоянный электрод медный, в установку стилоскопа никаких изменений вносить не нужно.

3. Выбор спектральных линий. Это — очень важный и в некоторых случаях трудоёмкий этап работы. Вначале по таблицам или иным литературным данным выбирают наиболее интенсивные и свободные от наложений спектральные линии. При этом необходимо учитывать целый ряд обстоятельств, как-то: удобство наблюдения в данной области спектра, близость линий сравнения, однородность линий по возбуждению (искровые, дуговые) и по внешнему виду (резкие, размытые), фон спектра и пр. Окончательное суждение о выбранных линиях можно получить только при наблюдении спектра. Не следует очень слепо доверять табличным интенсивностям линий, они могут зависеть от рода сплава; случаи наложения других линий на удобную для анализа линию нужно всегда проверить. Например, при определении малых содержаний свинца наиболее удобна линия 4057,82 Å, но,

согласно таблицам спектральных линий^[20], на эту линию свинца накладывается линия цинка 4057,71 Å, интенсивность которой в дуге больше, нежели интенсивность линии свинца. Казалось бы, совершенно исключена возможность определения свинца по линии 4057,82 Å в латуни, где содержание цинка 30—40%.

Однако опыт показывает, что эта линия хорошо изменяет свою интенсивность при изменении содержания свинца в присутствии большого количества цинка и, следовательно, может применяться для определения свинца в латуни. Позднее в таблицах Гаррисона^[21] было указано, что линия цинка 4057,71 принадлежит атому ионизованного цинка (искровая), и интенсивность её в 25 раз меньше интенсивности линии свинца.

В приведённом примере разобран сравнительно редкий случай неточности таблиц; гораздо чаще приходится встречаться с наложением слабых линий, влияние которых также всегда следует проверить опытным путём.

Совершенно ясно, что в подобных случаях необходимо иметь наиболее полное представление о спектре интересующей области. Для этого в приложениях (таблицы V—VIII) приведены таблицы спектральных линий железа, меди, алюминия и цинка, т. е. металлов, на основе которых составлено большинство технических сплавов.

Выбор линий тесно связан с выбором постоянного электрода. Иногда нельзя остановиться на электроде из материала основы сплава, так как трудно подобрать близко расположенные линии сравнения; вместе с тем применение постоянного электрода, дающего богатый линиями спектр (например, железного), может усложнить задачу выбора аналитических линий вследствие наложений. Эти обстоятельства необходимо тщательно продумать заранее, чтобы начинать работу с менее сложных вариантов.

4. Подбор образцов. Образцы не должны сильно отличаться от сортируемых проб ни по химическому составу, ни по массе. Если требуется анализировать слитки, то и образцы должны быть в виде слитков. Если нужно анализировать проволоку или фольгу, то таковыми должны быть и образцы.

Если потребуется, например, определять марганец в латунях, то спектроскопические признаки не следует устанавливать по образцам алюминиевых бронз с таким же содержанием марганца, хотя впоследствии может оказаться, что эти признаки практически одинаковы для латуней и бронз. Однако, пока это не будет установлено, то рекомендуется подбирать образцы только из подлежащих сортировке сплавов. Известно, что на интенсивность линий примеси влияют другие составные части сплава. Конечно, сомнительно, чтобы это влияние было хорошо заметно при наблюдениях стилоскопом, но всё же не исключена возможность

очень резких изменений характера спектра с изменением общего химического состава образцов. При помощи стилоскопа можно сделать предварительный выбор образцов с различным содержанием искомой примеси, ещё не зная спектроскопических признаков. После этого следует отобрать образцы, дающие различную интенсивность спектральных линий примесей, и подвергнуть их более точному анализу.

Проще всего применить для этой цели спектрограф или стилометр; если же лаборатория не располагает аппаратурой или методиками количественного спектрального анализа, то неизбежен химический анализ.

Количество образцов зависит от поставленной задачи: на каждую ступень концентраций нужно иметь не менее двух образцов. В нашем случае (таблица 4), например, главное внимание необходимо уделить определению марганца, но при этом у нас нет полной уверенности, что удастся отличить требуемые концентрации. Поэтому вначале следует иметь образцы с содержанием марганца 1,5 и 4%; убедившись, что такие концентрации отличаются совершенно четко, нужно взять образцы с 2 и 3,5% марганца и установить, можно ли различать эти концентрации. Если же окажется, что уже концентрации 1,5 и 4% различаются с трудом, то нет нужды устанавливать признаки промежуточных концентраций.

5. Отыскание спектроскопических признаков. По образцам с резко отличающимися концентрациями искомой примеси выбираются те группы из намеченных ранее спектральных линий, которые претерпевают наибольшие изменения интенсивностей с изменением концентрации. После этого по выбранной группе линий устанавливают спектроскопические признаки для всех образцов. Наряду с этим зарисовывается схема расположения спектральных линий в группе (или фотографируется данная область спектра), расшифровываются все (не только аналитические) спектральные линии видимой в окуляр области спектра и устанавливаются обозначения аналитических пар спектральных линий (обычно применяют цифровые обозначения). При этом не следует стремиться к чрезмерной детализации градаций определяемых концентраций, ибо это может привести к увеличению числа ошибочных определений.

Признаки необходимо подбирать в соответствии с концентрациями, которые надлежит различать; однако легко запоминающиеся признаки иных концентраций также следует отметить и привести в методике: они будут полезны для контрольных оценок. Например, если требуется различать 1 и 5% искомой примеси, но для 5% удается подобрать только громоздкий спектроскопический признак, связанный с несколькими линиями и трудный для запоминания, то этот признак всё же необходимо применять и хоро-

шо его освоить, ибо задача требует умения оценивать эти 5%. Если же, например, при 3% будут равнointенсивны аналитические линии, что даёт особенно удобный признак, то его тоже следует ввести в методику, хотя, формально рассуждая, он для данной задачи не нужен, но очень полезен для контроля оценки меньших и больших содержаний. Легко запоминающиеся надёжные спектроскопические признаки всегда представляют ценность, и их рекомендуется накапливать.

Следующим этапом является исследование устойчивости оценок интенсивностей в зависимости от продолжительности горения дуги, изменения межэлектродного промежутка и изменения силы тока. В результате этих наблюдений необходимо установить время для оценки интенсивностей с момента зажигания дуги и указать условия работы; при вспыхивающих линиях нужно рекомендовать производить оценки в моменты вспышек или в промежутках между ними.

На этом же этапе работы необходимо опытным путём проверить влияние одних составляющих сплава на интенсивности спектральных линий других, влияние наложений и прочее.

6. Проверка методики. Для характеристики каждой ступени концентрации примеси может быть найдено несколько спектроскопических признаков, но в окончательную инструкцию следует ввести только самые чёткие из них. Предпочтительно останавливаться на признаках, связанных с равнointенсивностью спектральных линий. Не следует применять большого количества взаимно дополняющих друг друга признаков. Если нельзя сделать оценку по равнointенсивности линий, то нужно подобрать не более двух других признаков.

Окончательно отработанные спектроскопические оценки необходимо проверить на образцах неизвестного химического состава не менее, чем двум наблюдателям. Удовлетворительные результаты проверки примерно 50 образцов являются достаточным основанием для применения методики. Если при таком контроле будет обнаружено большое число ошибочных определений, то изучение погрешностей укажет, в каком направлении следует исправить методику. Критерием абсолютной надёжности методики является 100% правильных определений, но в некоторых случаях, когда не удается подобрать надёжных признаков, допускается до 30% ошибочных определений. Применяя такую методику, необходимо давать суждение о содержании искомой примеси из четырёхкратного определения.

До внедрения в практику новую методику необходимо испытать в какой-либо крупной лаборатории спектрального анализа, для чего требуется отправить туда материалы исследования и образцы; после благоприятного отзыва методику можно применять для анализов.

7. Составление инструкции. Для внедрения методики необходимо составить частную инструкцию, чётко указывающую пределы её применения и обязанности лаборанта. В инструкции необходимо кратко сказать о назначении методики на данном предприятии, перечислить сортируемые сплавы, указать условия работы, подчеркнув обстоятельства, требующие особого внимания, привести наглядные схемы спектральных линий с принятными обозначениями аналитических линий, установить очерёдность операций, дать форму отчётности.

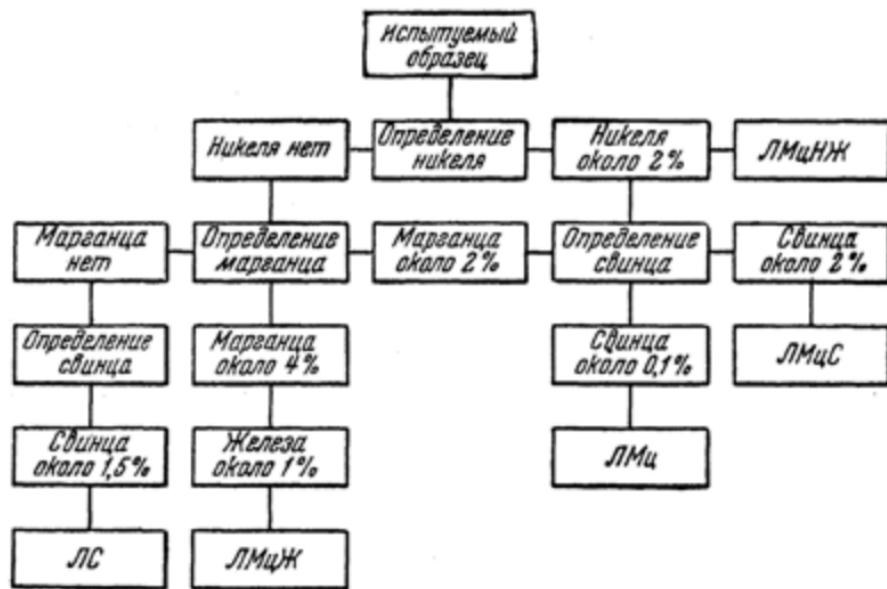


Рис. 49. Пример схемы очерёдности определений для сортировки марганцовистых и свинцовистых латуней.

Устанавливая очерёдность определения элементов, следует исходить из принципа экономии операций. Если вернуться к приведённому выше примеру (таблица 4), то при условии, что для сортировки будут поступать только сплавы, перечисленные в таблице 4, можно рекомендовать следующий порядок анализов:

а) определяется никель — это присутствие сразу укажет на сплав ЛМцНЖ; для контроля можно оценить содержание железа, хотя последнее в данном примере не является характерной примесью;

б) при отсутствии никеля определяется марганец; отсутствие последнего указывает на сплав ЛС, что подтверждается определением свинца;

в) если марганец присутствует в содержании около 2%, определяется свинец; содержание около 2% свинца указывает на сплав ЛМцС, содержание около 1% свинца — на сплав ЛМц;

г) если марганец присутствует в содержании около 4%, то это характеризует сплав ЛМЦЖ. На рис. 49 описанный здесь порядок операций представлен в виде наглядной схемы.

Составление инструкции для лаборантов требуется не только по вновь разработанной методике. По общепринятым и давно применяющимся спектроскопическим признакам нужно также составить заводскую инструкцию, где были бы изложены специфические для данного предприятия особенности сортировки и были дан продуманный порядок работы с указанием условий ведения наблюдений. Составление таких частных инструкций совершенно необходимо. Они оказывают большую помощь лаборанту и способствуют увеличению производительности стилоскопной установки. В таких инструкциях следует с возможной полнотой отразить конкретные особенности сортировки на каждом отдельном рабочем месте.

Очевидно, что условия и характер работы стилоскопной установки могут быть совершенно различными (например, в механическом цехе и на шихтовом дворе), следовательно, и инструкции для лаборантов этих установок должны быть различны.

§ 11. Обучение проведению анализов

Обучение проведению анализов желательно вести следующим образом. Подобрать образцы сплавов с хорошо известным химическим составом; в этом наборе должны быть представлены, по возможности, все определяемые элементы во всех интервалах содержаний. Зажигая дугу от этих образцов, отыскать в спектре соответствующие линии и приучаться к правильной оценке интенсивности линий данного элемента.

Обучение целесообразно вести отдельно по разным сплавам и последовательно по каждому элементу.

Прежде чем знакомиться с особенностями спектра при определении изучаемой примеси, полезно внимательно рассмотреть нужную область спектра основного вещества. Например, признакомстве с определением ванадия в сталях по группе V₂ (см. рис. 64) сначала нужно зажечь дугу между железными электродами, не содержащими ванадия, затем отыскать нужную область спектра и те линии железа, с которыми сравнивается линия ванадия, зарисовать схему расположения этих линий и сопоставить полученную схему с рисунком соответствующей группы, приведенным в настоящем руководстве. После этого следует пометить на схеме спектра место, где должны появиться линии ванадия, зажечь дугу от образца, содержащего ванадий, и, наконец, зарисовать его спектральные линии на подготовленной схеме.

Вначале необходимо тренироваться в быстром нахождении нужных групп линий железа и в распознавании между ними

линии ванадия. После того, когда обнаружение линий ванадия уже не представляет затруднений, следует практиковаться в оценке содержания по интенсивности спектральных линий. В результате требуется убедиться на примере 5—10 образцов неизвестного состава в умении делать правильные оценки, производя определения без помощи таблиц; более того, необходимо уметь зарисовывать на память грубую схему расположения спектральных линий ванадия и линий железа, применяемых для анализа, кратко рассказывать о технике проведения определений и перечислять усвоенные спектроскопические признаки. Только после этого можно, в таком же порядке, переходить к изучению другой группы.

Необходимо иметь в виду, что в углеродистых сталях и постоянных железных электродах всегда содержатся небольшие количества хрома, марганца и меди; следовательно, в спектре сталей всегда будут присутствовать наиболее сильные линии этих элементов.

Когда все группы линий для анализа данного сплава (например, стали) изучены, то необходимо потренироваться в определении всех примесей каждого образца. Освоение метода можно считать законченным, если без помощи таблиц и рисунков удаётся безошибочно рассортировать 20—30 образцов того же сплава неизвестного состава. В процессе такого обучения спектроскопические признаки запоминаются настолько хорошо, что уже не требуется прибегать к помощи рисунков и таблиц. Разумеется, в тех случаях, когда приходится иметь дело с некоторыми сортами редко встречающихся сплавов, то нужные линии и спектроскопические признаки забываются, и их необходимо обновлять в памяти по соответствующим рисункам.

Опыт показал, что для освоения анализа сталей требуется от полутора до двух месяцев; анализ цветных сплавов усваивается быстрее.

Не следует думать, что для успешного обучения лаборантов-стилоскопистов можно ограничиться только тренировкой в проведении спектроскопических определений. В курс обучения должна быть включена характеристика применяемых на данном предприятии металлов и сплавов с кратким описанием их физических свойств. Необходимо рассказать о задачах сортировки, о различных способах её проведения и о преимуществах применения стилоскопа. Желательно в доступной для слушателей форме кратко изложить физику процессов, происходящих при возбуждении спектра. Необходимо познакомить слушателей с минимумом лаборантской техники, с устройством применяемых приборов и с правилами их употребления.

Особое внимание следует уделить правилам техники безопасности.

В качестве примера ниже приведён разработанный на одном из крупных машиностроительных заводов план занятий по обучению лаборантов сортировке сталей. По этому плану было подготовлено несколько десятков лаборантов, имевших предварительную подготовку в объеме неполной средней школы.

**План занятий для обучения лаборантов по сортировке
сталей стилоскопом**

Содержание занятий

Число часов

1. Краткая характеристика применяемых на заводе сортов сталей. Задачи сортировки сталей. Преимущества спектральной сортировки	2
2. Общее понятие о спектральном анализе при помощи стилоскопа	8
3. Знакомство с аппаратурой и правилами её применения и эксплуатации. Правила техники безопасности	20
4. Сборка стилоскопной установки	10
5. Обучение определению хрома	24
6. » » молибдена	8
7. » » марганца	8
8. » » ванадия	12
9. » » вольфрама	16
10. » » никеля	20
11. Сортировка сталей различных марок	40
12. Знакомство с особенностями сортировки сталей в отдельных цехах завода	16
13. Техника оформления документов по сортировке проб стилоскопом	4
14. Проверка знаний	4

Всего часов 192

§ 12. Организация цеховых лабораторий для стилоскопа

Цеховые лаборатории являются важнейшими звенями системы лабораторий предприятия и служат опорными пунктами центральной лаборатории завода.

При организации цеховой стилоскопной лаборатории необходимо отчётливо представлять себе её ответственные задачи и создать наиболее благоприятные условия для работы лаборантов.

Центральная заводская лаборатория должна руководить работой цеховых лабораторий, систематически контролировать последние и вести работу по повышению квалификации и по переподготовке лаборантов.

При хорошо налаженной постановке дела цеховые лаборатории будут без труда справляться с текущей работой по контролю и, наряду с этим, смогут оказывать значительную помощь центральной лаборатории в исследовательских работах.

При наличии свободной площади в уже имеющейся цеховой лаборатории (спектральной, химической, либо металло-физической) в последней может быть размещена и стилоскопная установка, разумеется, если доставка проб в лабораторное помещение не представит затруднений. Если же стилоскоп нельзя установить в имеющейся лаборатории, то необходимо выделить для него специальную комнату. Размещать стилоскоп непосредственно в цехе на открытой площадке крайне нежелательно; и при особых обстоятельствах это можно допустить только на короткое время до выделения соответствующего помещения. Работа лаборанта-стилоскописта — это довольно напряжённая измерительная работа, требующая большого внимания, и она должна быть наилучшим образом ограждена от внешних помех.

Размеры и планировка стилоскопной лаборатории меняются в зависимости от выполняемых анализов. Норма площади не должна быть менее 10 м^2 на человека [16]; в связи с тем, что стилоскопная установка обслуживается двумя работниками, комната, отведённая под лабораторию, должна иметь не менее 20 м^2 .

Кроме лаборанта-стилоскописта, нужен помощник, занятый установкой и сменой электродов. Помощником может быть достаточно хорошо проинструктированный подсобный рабочий; однако предпочтительнее в качестве помощника иметь также квалифицированного лаборанта; в этом случае наблюдатель и помощник смогут меняться своими обязанностями (например, через каждый час).

При анализе готовых изделий значительного веса лаборатория должна быть оборудована подъёмными приспособлениями и рольгангами таким образом, чтобы подача и смена образцов происходили без затраты больших физических усилий обслуживающего персонала.

Помещение должно быть обязательно снабжено приточно-вытяжной вентиляцией.

Мы не будем здесь касаться деталей оборудования рабочих мест лаборантов-стилоскопистов; в подробностях устройство рабочего места определяется характером работы и типом стилоскопа. Об организации цеховых лабораторий со стилоскопом СЛ-1 можно найти полезные сведения в рекомендуемой литературе [68, 69]. Но во всех случаях лаборант-наблюдатель должен располагать приспособленной для его роста удобной мебелью, не стесняющей его при длительных наблюдениях. Возле левой руки наблюдателя располагается кнопочный двухполюсный выключатель, которым в любой момент можно было бы включать и выключать ток дуги, не отрываясь от наблюдений. Открытые рубильники или комнатные выключатели электрического освещения применять нельзя. Вблизи наблюдателя должны быть расположены движки регулировочных реостатов и амперметр. Справа от стилоскопа, на столе, следует

предусмотреть достаточное место для инструкции и журнала для записей. На стене перед наблюдателем полезно вывесить чёткие и наглядные таблицы важнейших групп спектральных линий и оценок для анализа.

Наблюдатель должен быть надёжно ограждён от света дуги непрозрачным экраном, имеющим стеклянное окошко на такой высоте, чтобы наблюдатель, подняв голову, мог видеть электроды дуги (перед включением тока; само собой разумеется, что на пламя дуги смотреть нельзя даже через стекло, так как сильное раздражение сетчатки ярким светом на некоторое время снижает требуемую для наблюдений чувствительность глаза).

Главная задача помощника заключается в быстрой и правильной установке электродов и в уборке в специально предназначенные ящики проверенных проб и электродов. Помощник должен работать в очках-консервах со светлыми жёлто-зелёными стёклами; во время работы он должен стоять на сухом резиновом коврике; несмотря на это, смена электродов производится обязательно при выключенном токе. Регулировать межэлектродный промежуток дуги во время её горения можно только посредством изолированной рукоятки; ни в коем случае нельзя прикасаться к токоведущим частям штативов электродов.

Если лаборатория занимается преимущественно контролем небольших образцов или деталей, то штативы дуги следует заключить в ящик с дверцами, при открывании которых автоматически выключается ток дуги. Под рукой у помощника должны находиться щипцы или большой пинцет для переноса нагретых образцов и электродов. Помощник должен работать очень осмотрительно и иметь возможность в любой момент выключить ток дуги независимо от наблюдателя.

В лаборатории следует иметь небольшой верстак с тисками и набор напильников, причём каждый из напильников должен предназначаться для опиловки какого-либо определённого сплава (например, для сталей, для медных сплавов, для алюминиевых сплавов и пр.). Вблизи лаборатории необходимо иметь наждачный круг для зачистки образцов и электродов.

Качество работы лаборантов должно контролироваться не реже одного раза в неделю путём выборочной проверки рассортованных образцов.

Не реже одного раза в месяц необходимо проверять состояние стилоскопа и всей установки, а также правильность приёмов работы лаборантов.

Не реже одного раза в год лаборантам следует проходить переподготовку в центральной лаборатории (в форме краткосрочных курсов). В течение этого времени лаборантов необходимо познакомить с выполненными в лаборатории новыми работами, новой литературой, с новыми приборами и приспособлениями. Здесь же

уместно преподавать лаборантам новые наставления, почему-либо
ещё не вошедшие в инструкцию.

При планировании работы лаборантов обязательно следует
резервировать некоторое время (в среднем около часа в день)
для самостоятельной работы, не связанной с текущим контролем
образцов. В это время лаборантам нужно поручать неболь-
шие исследования либо по отысканию новых спектроскопических
признаков, либо по уточнению существующих, или же по кон-
тролю новых методик. Такого рода работы вносят оживление в не-
сколько однообразную деятельность лаборантов-стилоскопистов
и дают им возможность проявить собственную инициативу.

Б. АНАЛИЗЫ ПРИ ПОМОЩИ СТИЛОСКОПА

ГЛАВА 3

АНАЛИЗ СТАЛЕЙ С ЖЕЛЕЗНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

§ 13. Предварительные сведения

Стилоскоп позволяет обнаруживать и приблизённо определять все примеси сталей, за исключением серы и фосфора.

Методика анализа сталей на стилоскопе впервые была разработана под руководством Г. С. Ландсберга и в 1933 г. стала применяться на практике [48, 52]. Основные результаты этой методики вошли во все последующие руководства по стилоскопу.

Несколько позже аналогичная работа была выполнена Шлиссманом в Германии [49].

Анализ сталей производится либо с железным стандартным электродом, либо с медным. Вариант методики с медным электродом особенно выгоден в тех случаях, когда необходимо определять малые содержания хрома и марганца, обычно всегда присутствующие в железных электродах.

Методика с железными стандартными электродами применялась как с дугой постоянного тока, так и с дугой переменного тока. Испытания показали, что результаты анализов практически не зависят от того, какой из этих источников применяется^[68]. Только при определении никеля существуют заметные отличия в оценках при работе с дугой постоянного и переменного тока, а определение кремния по искровым линиям возможно только в дуге переменного тока. Эти особенности и отличия в дальнейшем будут изложены подробно.

Вариант методики с медным постоянным электродом, разработанный В. Ф. Смирновым^[83], описан в следующей главе. В настоящее время мы располагаем результатами анализов, полученными только с дугой переменного тока, однако ещё не установлено, в какой мере сохраняются найденные спектроскопические признаки для анализа сталей при питании дуги постоянным током.

В. Г. Корицким^[104] и Н. А. Фокиным была проведена работа по проверке спектроскопических признаков для анализа сталей на стилоскопе, ими же была установлена основная методика анализа с применением железного и медного электродов, которая

изложена в настоящей и следующей главах. Определения, редко встречающиеся в практике и ещё не прошедшие тщательных испытаний (которые в настоящее время продолжаются), в эту методику не вошли; они изложены в 5-й главе в виде дополнений к основной методике. Из этого, конечно, не следует, что результатами, помещёнными в дополнениях, нельзя пользоваться, хотя указанные там спектроскопические признаки рекомендуется применять более осторожно, и желательно проверить их по образцам с известным химическим составом, тщательно выполняя приведённые методические указания.

§ 14. Определение хрома

Для определения хрома в содержаниях от 0,1 до 20% обычно пользуются шестью группами спектральных линий. Длины волн этих линий и условные обозначения их приведены в таблице 5.

Таблица 5

Линии для определения хрома

Наимено- вание групп	Линии хрома		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозна- чения	Длины волн в Å	Условные обозна- чения
Cr ₁	5204,52	1	5202,34	3
Cr ₁	5206,04	1		
Cr ₁	5208,44	2		
Cr ₂	4254,35	1	4247,43	2
Cr ₃	4646,17	1	4647,44	3
	4652,16	2	4654,62	4
			4643,47	5
Cr ₄	5409,79	1	5410,91	2
			5415,21	3
			5405,78	4
Cr ₅	4351,05	1	4352,74	2
Cr ₅	4371,28	4	4375,93	3
Cr ₆	4922,27	1	4918,99	2

На рис. 50—55 представлены схемы областей спектра, в которых расположены спектральные линии хрома. В таблице 6 даны спектроскопические признаки для определения хрома по всем шести группам линий. Меняющиеся во времени линии хрома, как бы пульсирующие по интенсивности, нужно сравнивать в моменты наибольшей яркости их. Однако редкие очень яркие вспышки во внимание принимать не следует.

В первой группе хрома (Cr₁) линия 2 (Cr 5208, 44 Å, рис. 50) совпадает в стилоскопе со слабой линией железа 5208, 6 Å; есте-

ственno, что последняя будет видна даже в отсутствии хрома; следовательно, по линии 2 рисковано устанавливать наличие хрома в



Рис. 50. Группа Cr_1 .



Рис. 51. Группа Cr_2 .

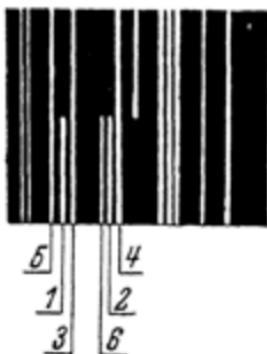


Рис. 52. Группа Cr_3 .

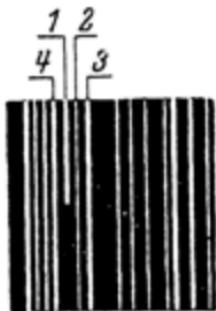


Рис. 53. Группа Cr_4 .

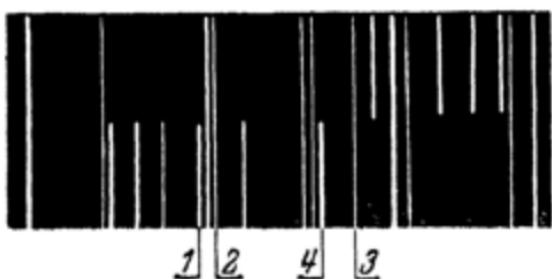


Рис. 54. Группа Cr_5 .



Рис. 55. Группа Cr_6 .

содержаниях менее 0,1%. Расположенная рядом с линией 1 линия хрома 5204, 52 Å также совпадает с линией железа 5204, 58 Å.

Таблица 6

Оценки для определения хрома

Наименование групп	Содержание хрома в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	Наименование групп	Содержание хрома в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Cr_1	0,1	2=3	Cr_4	1,0—1,6	1=2
Cr_1	0,2	1=3	Cr_4	1,5—2,2	$1>2; 1=3$
Cr_2	0,1—0,3	1=2	Cr_4	2,5—8,0	1=4
Cr_3	0,3—0,7	$2\leqslant 5; 1<3$	Cr_5	2,5—8	$1\leqslant 2; 4<3$
Cr_3	0,7—1,1	$1=3; 2<4$	Cr_5	8—13	$1\leqslant 2; 4=3$
Cr_3	1,0—1,6	$1>3; 2\leqslant 4$	Cr_5	13—20	$1=2; 4>3$
Cr_3	1,5—2,2	$1>4; 2\geqslant 4$	Cr_6	13—20	$1<2$
Cr_4	0,7—1,1	$1<2$	Cr_6	20 и больше	$1\geqslant 2$

Если в пределах 0,1—0,3% не требуется детализации содержания хрома, то присутствие его в указанной концентрации можно установить по группе Cr_2 (рис. 51). При обычном анализе сталей группа Cr_2 не имеет заметных преимуществ перед группой Cr_1 , и может быть опущена.

По группам Cr_3 и Cr_4 определяются средние содержания хрома. Интенсивности линий хрома в этих группах непостоянны в первые секунды горения дуги, поэтому производить оценки интенсивностей этих линий необходимо спустя минуту после зажигания дуги. Определение хрома целесообразно начать с группы Cr_4 (рис. 53) и вести в таком порядке: если $1 < 2$, то последовательно наблюдают группы Cr_3 , Cr_2 и Cr_1 ; если $1 = 2$, то наблюдают группы Cr_4 и Cr_3 ; если же $1 > 2$, то переходят к группам Cr_5 и Cr_6 .

§ 15. Определение вольфрама

Определение вольфрама при содержаниях от 1 до 20% производится по трём группам спектральных линий. Длины волн

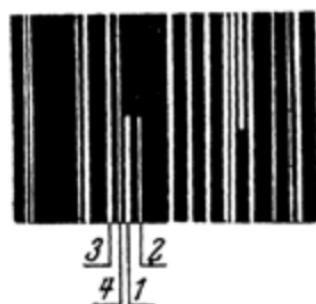


Рис. 56. Группа W_1 .



Рис. 57. Группа W_2 .

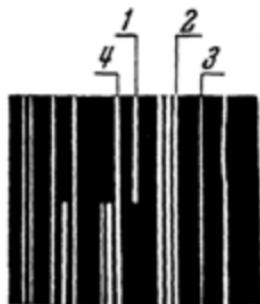


Рис. 58. Группа W_3 .

этих линий и их условные обозначения приведены в таблице 7.

Таблица 7

Линии для определения вольфрама

Наименование групп	Линии вольфрама		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
W_3	4659,87	1	4669,18 4654,62	2 4
W_2	5514,70	1	5501,47	2
W_1	5053,30	1	5049,82	3
W_1	5054,61	2	5051,64	4

На рис. 56—58 представлены схемы областей спектра с линиями вольфрама.

В таблице 8 даны спектроскопические признаки для определения вольфрама по всем трём группам линий. Небольшие содержания вольфрама можно определить по третьей группе, по первой и второй группам определяют значительные количества.

Таблица 8
Оценки для определения вольфрама

Наименование групп	Содержание вольфрама в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	Наименование групп	Содержание вольфрама в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
W_3	до 0,4	1 едва видна	W_2	7—9	1 = 2
W_3	1,0	1 < 2	W_2	15—20	1 > 2
W_3	2—3	1 = 2	W_1	4—7	1 = 4
W_3	4—7	1 < 4	W_1	7—9	1 = 3
			W_1	15—20	1 > 3; 2 = 4

Присутствие в стали больших количеств хрома в значительной степени изменяет вид областей спектра, в которых содержатся линии вольфрама, вследствие появления большого числа дополнительных спектральных линий, принадлежащих хрому. Для более уверенного отыскания линий вольфрама, особенно во время обу-

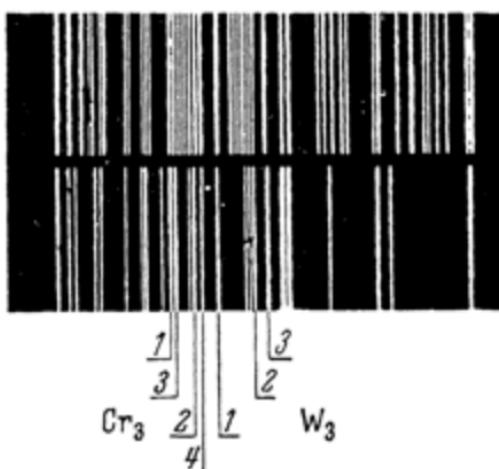


Рис. 59. Вверху — вид областей Cr_3 и W_3 при большом количестве Cr. Внизу — вид областей Cr_3 и W_3 при малом количестве Cr.

чения, необходимо предварительно взять в качестве исследуемого электрода образец, содержащий вольфрам, но не содержащий хрома, и вывести линию вольфрама точно на указатель, имеющийся в поле зрения окуляра. После этого, не передвигая окуляра, следует рассматривать спектр образца, содержащего и вольфрам и хром. На рис. 59 показаны области спектра группы W_3 при большом и малом содержаниях хрома.

§ 16. Определение марганца

Для определения марганца в содержаниях от 0,3 до 14% применяют две группы линий (рис. 60 и 61). Длины волн этих

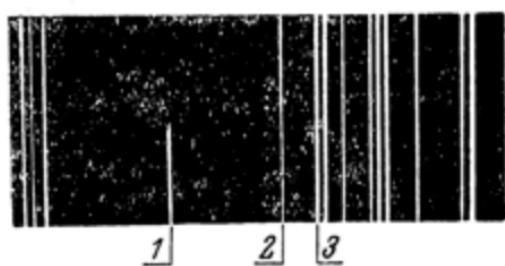


Рис. 60. Группа Mn₁.

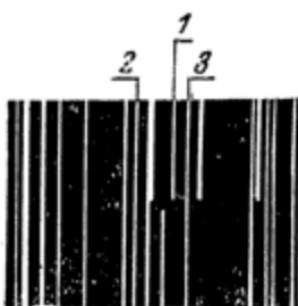


Рис. 61. Группа Mn₂.

линий и условные обозначения их приведены в таблице 9.

Таблица 9
Линии для определения марганца

Наимено- вание групп	Линии марганца		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозна- чения	Длины волн в Å	Условные обозна- чения
Mn ₁ "	4823,51	1	4859,75	2
Mn ₂ "	—	—	4871,32	3
	5516,77	1	5501,47	2
Mn ₂ "	—	—	5525,55	3

В таблице 10 даны спектроскопические признаки для определения марганца.

Таблица 10
Оценки для определения марганца

Наименование групп	Содержа- ние мар- ганца в %	Оценки интен- сивностей спектральных линий
Mn ₁	0,3—0,5	1 < 2
Mn ₁	0,6—0,7	1 = 2
Mn ₁	1,0 и выше	1 > 2
Mn ₁	Около 4	1 = 3
Mn ₂	7	1 ≥ 3
Mn ₂	14	1 = 2

В постоянных электродах обычно всегда содержится около 0,3% марганца, поэтому меньшие содержания его можно определить только в том случае, если подобрать постоянные электроды, свободные от марганца, или употреблять медные электроды.

При анализе сталей с большим содержанием хрома или вольфрама вид области спектра, в которой расположены линии марганца, очень сильно меняется (благодаря появлению многочисленных дополнительных линий хрома и вольфрама). Отыскание линий марганца в этом случае производится таким же образом, как

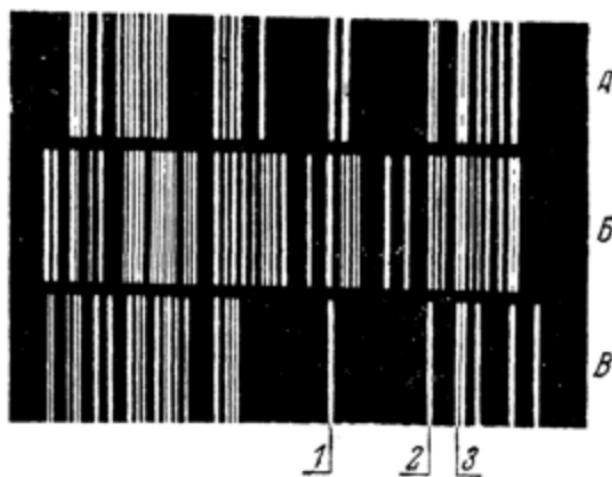


Рис. 62. А — вид области Mn_1 при большом содержании хрома. Б — при большом содержании хрома и вольфрама. В — для обычных сталей.

это указывалось выше для линий вольфрама. На рис. 62 представлен вид области спектра с линиями марганца при наличии в образцах больших количеств хрома и вольфрама в разных комбинациях. Внизу приведён вид той же области спектра от образца обычной (углеродистой) стали.

§ 17. Определение ванадия

Для определения ванадия в содержаниях от 0,2 до 2,5% пользуются двумя группами линий. Длины волн этих спектральных линий и условные обозначения их приведены в таблице 11.

Таблица 11

Линии для определения ванадия

Наименование групп	Линии ванадия		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
V_1	4379,24	1	4375,93	4
V_1	4389,97	2		
V_2	6216,37	1	6219,29	3
V_2	6224,50	2	6213,44	4

На рис. 63 и 64 представлены схемы областей спектра, содержащих спектральные линии ванадия.

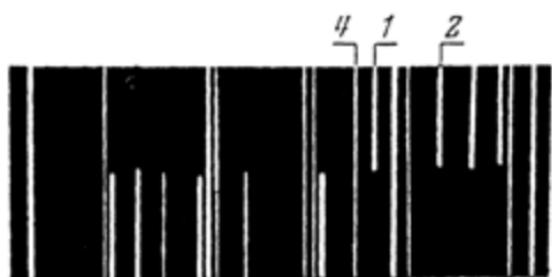


Рис. 63. Группа V_1 .

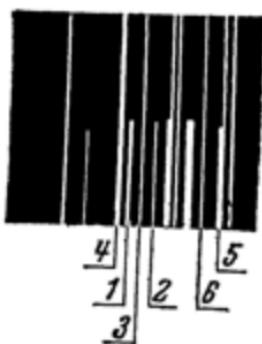


Рис. 64. Группа V_2 .

В таблице 12 даны спектроскопические признаки для определения ванадия по двум группам.

Таблица 12
Оценки для определения ванадия

Наименование групп	Содержание ванадия в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
V_1	0,2	1 = 4
V_1	0,4	2 = 4
V_2	1,0—1,5	2 < 3; 1 = 4
V_2	2,0—2,5	2 = 3; 1 > 4

Оценки интенсивностей следует начинать делать через 30—40 сек. после зажигания дуги.

§ 18. Определение молибдена

Для определения молибдена в содержаниях от 0,1 до 2% пользуются двумя группами спектральных линий. Длины волн этих линий и условные обозначения их приведены в таблице 13.

Таблица 13
Линии для определения молибдена

Наименование групп	Линии молибдена		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
Mo_1	5533,05	1	5501,47	2
Mo_2	6030,66	1	6056,00 6065,49 6042,09	2 3 4

На рис. 65 и 66 представлены схемы областей спектра, в которых расположены линии молибдена.

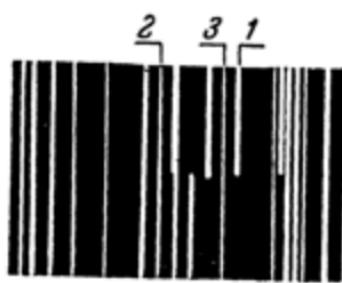


Рис. 65. Группа Mo_1 .



Рис. 66. Группа Mo_2 .

В таблице 14 даны спектроскопические признаки для определения молибдена.

Таблица 14

Оценки для определения молибдена

Наименование групп	Содержание молибдена в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Mo_1	менее 0,01	1 — нет
Mo_1	до 0,15	$1 \leq 2$
Mo_1	0,15—0,30	$1 > 2$
Mo_2	до 0,15	$1 = 4$
Mo_2	0,15—0,30	$1 > 4; 1 \leq 2$
Mo_2	0,30—1,0	$1 > 2; 1 \leq 3$
Mo_2	2,0 и больше	$1 > 3$

Определение молибдена можно начинать через 40—60 сек. после включения дуги. Периодически меняющиеся по интенсивности линии молибдена нужно сравнивать в моменты наибольшей их яркости.

§ 19. Определение никеля

Для определения никеля в видимой области спектра нет достаточно чувствительных и удобных спектральных линий. Линии, доступные для наблюдения, не особенно отчетливо изменяют свою интенсивность с изменением содержания никеля. Вместе с тем линии никеля заметно реагируют на изменения условий возбуждения спектра (поэтому при определении необходимо возможно тщательнее поддерживать постоянство условий горения электрической дуги).

Указанное выше (§ 3) требование повышенного напряжения источника тока, питающего дугу, относится прежде всего к случаю определения никеля. Установлено, что определение никеля становится более точным, если дугу питать от сети с напряжением не менее 150 в [57]. Более высокое напряжение сети позволяет включить большее сопротивление в цепь дуги, которое оказывает стабилизирующее действие на ток.

При наблюдении линий никеля затруднения возникают ещё по той причине, что эти линии вспыхивают, и поэтому оценивать интенсивность их приходится либо в моменты вспышек, либо в промежутках между вспышками. Пульсации интенсивностей различны в дуге постоянного и переменного тока. Все эти обстоятельства создают определённые трудности при оценке интенсивности линий никеля. Наблюдалось, что присутствие хрома понижает чувствительность определения никеля [55], однако это явление подробно ещё не исследовалось.

По группе Ni_1 , схема которой изображена на рис. 67, никель можно определять в содержаниях от 0,5 до 3%. Длины волн, выбранных для анализа спектральных линий, и условные обозначения их приведены в таблице 15.

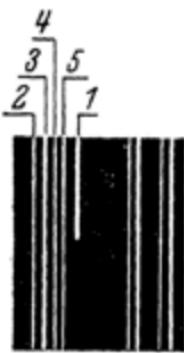


Рис. 67. Группа Ni_1 .

Таблица 15

Линии для определения никеля

Наименование группы	Линии никеля		Линии железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Линии волн в Å	Условные обозначения
Ni_1	4714,42	1	4704,95	2
			4707,28	3
			4709,10	4
			4710,29	5

На линию никеля 4714,42 накладывается довольно интенсивная линия железа 4714,07, поэтому отчётливо заметить содержание никеля менее 0,5% не удается. Резких вспышек линии никеля не наблюдается, оценки делаются по суммарному впечатлению от сравнительно медленно меняющейся интенсивности линии 4714,42 Å.

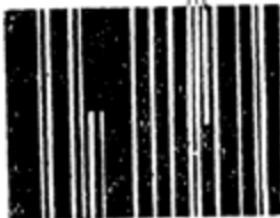
В таблице 16 приведены спектроскопические признаки для определения никеля по этой группе.

В группе Ni_2 никель определяется по линии 5080,52 Å, которая сравнивается с линией железа 5079,24 Å. Эти линии на рис. 68

обозначены, соответственно, цифрами 1 и 2. К линии 5080,52 Å прилегает другая линия никеля 5081,11 Å, линия железа также состоит из двух: 5079,24 Å и 5079,75 Å (на рис. 68 эти двойные линии показаны одинарными). Все эти линии разрешаются стилоскопом СЛ-З и при правильной установке ширины щели видны раздельно. Наблюдать линии никеля удобнее в том случае, когда они разделяются, хотя эти линии практически равнointенсивны, и нет необходимости оценивать интенсивности этих линий порознь.

При возбуждении спектра дугой постоянного тока от источника с напряжением не менее 150 в линии 1 видны при содержании не менее 1,5% никеля;

27

Рис. 68. Группа Ni₂.

при этом содержание линии 1 видны в виде отдельных не очень частых вспышек; в моменты вспышек при 1,5% никеля линия 1 слабее 2. При 3%, если производить оценку в моменты вспышек, линия 1 близка по интенсивности к линии 2, хотя несколько слабее её. При 3% никеля вспышки происходят заметно чаще, чем при 1,5%. Если подсчитать среднюю продолжительность отдельной вспышки за время 30 сек., то оказывается, что при 1,5% она составляет около 1 сек., а при 3% — около 0,75 сек. При 10% линия 1 очень часто вспыхивает и в моменты вспышек равнointенсива линии 2. При 15—20% линия 1 видна без вспышек и по яркости несколько превосходит линию 2, но довольно близка к последней.

Определение никеля следует начинать через 40—60 сек. после зажигания дуги. После 2—3 мин. горения дуги необходимо смениТЬ постоянный электрод и зажечь дугу на новом месте.

Если спектр возбуждается дугой переменного тока, то при 1,5—3% никеля линии его более стабильны и не дают таких резких вспышек, как в случае дуги постоянного тока.

ГЛАВА 4

АНАЛИЗ СТАЛЕЙ С ПОСТОЯННЫМ МЕДНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ СПЕКТРА ДУГОЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

§ 20. Предварительные сведения

Электролитическая медь не содержит примесей, всегда присутствующих в железных электродах, например, марганца, хрома и кремния. Поэтому применение медного постоянного электрода при анализе сталей целесообразно в том случае, если требуется определять малые содержания названных элементов. Такие анализы проще выполнять с медным электродом, чем с более дефицитными электродами из очень чистого железа, как рекомендует Фишер^[41]. Вместе с тем вследствие большой теплопроводности медные электроды нагреваются меньше, чем железные, и, следовательно, дают меньший фон спектра. По этой же причине медные электроды не так сильно сгорают, и их легче защищать.

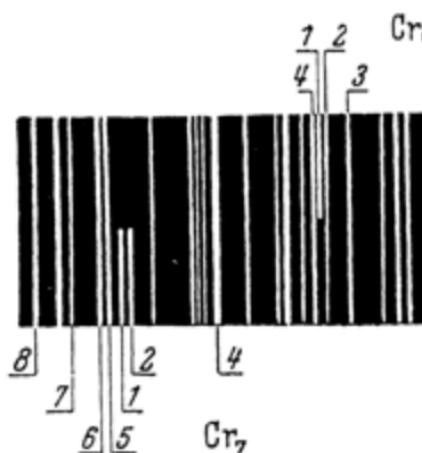
С медными, как стержневыми, так и дисковыми, электродами воспроизводимость анализов больше, чем с железными. Таким образом, работая с медными электродами, можно устанавливать более мелкие различия в концентрациях. Кроме того, при помощи медных электродов удобнее оценивать интенсивности аналитических линий, совпадающих с линиями железа (например Ni_1), так как интенсивность спектра железа в этом случае меньше.

Изложенные ниже спектроскопические признаки для определения легирующих элементов в сталях были установлены^[88] при помощи стилоскопа ВС-1 с медным дисковым электродом диаметром 110 мм и толщиной 1,5 мм. Пользуясь этой методикой, можно работать также с другими типами стилоскопов, применяя не только дисковый, но и стержневой медный электрод.

Приведенные в этой главе спектроскопические признаки проверены на автоколлимационном стилоскопе.

§ 21. Определение хрома

Определение хрома в содержаниях от 0,05 до 30% производится по четырём группам спектральных линий. Длины волн этих спектральных линий и условные обозначения их перечислены в таб-

Рис. 69. Группа Cr_1 .Рис. 70. Группы Cr_4 и Cr_7 .Рис. 71. Группа Cr_6 .

лице 17. На рис. 69—71 представлены схемы областей спектров, в которых расположены эти группы линий хрома.

Таблица 17

Линии для определения хрома

Наименование групп	Линии хрома		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
Cr_1	5204,52	1	5202,34	3
Cr_1	5206,04	1		
Cr_1	5208,44	2	5198,71	4
Cr_4	5409,79	1	5410,91	2
			5415,21	3
			5405,78	4
Cr_6	4922,27	1	4918,99	2
			4920,50	3
Cr_7	5345,81	1	5371,49	4
Cr_7	5348,32	2	5341,03	5
			5339,94	6
			5333,30	7
			5324,18	8

В таблице 18 даны спектроскопические признаки для определения хрома.

Оценки интенсивностей спектральных линий хрома необходимо производить не сразу после включения дуги, а 40—60 сек. спустя. Оценки интенсивностей слегка меняющихся линий хрома производятся в моменты их наибольшей яркости.

Таблица 18
Оценки для определения хрома

Наименование групп	Содержание хрома в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	Наименование групп	Содержание хрома в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Cr ₁	0,05	1 = 4	Cr ₇	0,3	1 = 7
Cr ₁	0,10	1 < 3	Cr ₇	0,7	2 = 7
Cr ₁	0,20	1 ≥ 3	Cr ₇	1,0	1 < 5; 1 > 6; 2 > 7
Cr ₄	1,0	1 = 2	Cr ₇	1,5	2 = 6
Cr ₄	2,5	1 = 3	Cr ₇	2,5	1 ≥ 8; 2 = 5
Cr ₄	5	1 ≥ 4	Cr ₇	5	1 = 4; 2 = 8
Cr ₆	10	1 < 2	Cr ₇	10	1 > 4; 2 ≤ 4
Cr ₆	15	1 = 2	Cr ₇	20	1 ≥ 4; 2 ≥ 4
Cr ₆	20	1 > 2; 1 < 3	Cr ₇	30	
Cr ₆	30	1 = 3			

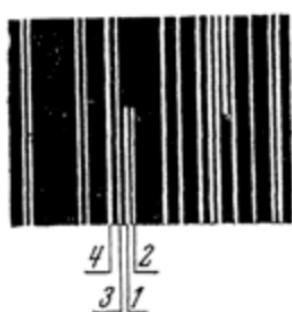
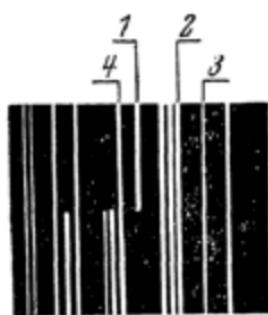
§ 22. Определение вольфрама

Определение вольфрама в содержаниях от 1 до 18% производится по трем группам спектральных линий, длины волн которых и условные обозначения приведены в таблице 19.

Таблица 19
Линии для определения вольфрама

Наименование групп	Линии вольфрама		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
W ₁	5053,30	1	5051,64	4
W ₁	5054,61	2	5049,82	3
W ₂	5514,70	1	5501,47	2
			5497,52	3
W ₃	4650,8	1	4673,17	3
			4654,50	4

На рис. 72—74 изображены схемы областей спектра, в которых расположены спектральные линии вольфрама. В таблице 20

Рис. 72. Группа W_1 .Рис. 73. Группа W_2 .Рис. 74. Группа W_3 .

даны спектроскопические признаки для определения вольфрама.

Таблица 20

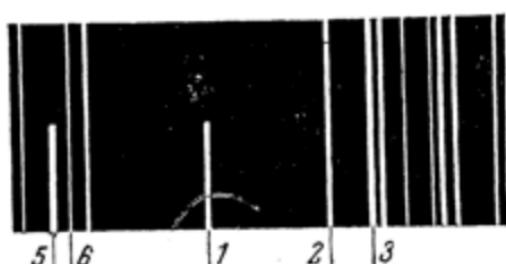
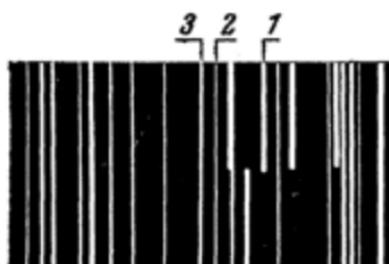
Оценки для определения вольфрама

Наименование групп	Содержание вольфрама в %	Оценки интенсивностей	Наименование групп	Содержание вольфрама в %	Оценки интенсивностей
W_1	1,0	$1 < 4$	W_2	5,0	$1 = 2$
W_1	2,5	$1 = 4$	W_2	9,0	$1 \geq 3$
W_1	5,0	$1 = 3$	W_2	18,0	$1 \geq 3$
W_1	9,0	$1 \geq 3; 2 \leq 4$	W_3	1,0	$1 = 3$
W_1	18,0	$1 > 3; 2 \geq 4$	W_3	2,5	$1 > 3; 1 \leq 4$
			W_3	5,0	$1 < 4$

Определение вольфрама следует производить через 40—60 сек. после включения дуги.

§ 23. Определение марганца

Марганец в содержаниях от 0,15 до 14% можно определять по двум группам спектральных линий. Длины волн этих линий

Рис. 75. Группа Mn_1 .Рис. 76. Группа Mn_2 .

и условные обозначения их приведены в таблице 21. На рис. 75 и 76 изображены схемы расположения спектральных линий в этих группах.

Таблица 21
Линии для определения марганца

Наимено- вание групп	Линии марганца		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначе- ния	Длины волн в Å	Условные обозначе- ния
Mn ₁	4823,52	1	4859,75	2
Mn ₁	4783,42	5	4871,32	3
Mn ₁			4786,81	6
Mn ₂	5516,77	1	5501,47	2
			5497,52	4

В таблице 22 даны спектроскопические признаки для оценки концентрации марганца.

Таблица 22
Оценки для определения марганца

Наимено- вание групп	Содержание марганца в %	Оценки интен- сивностей
Mn ₁	до 0,15	1 < 2; 5 ≤ 6
Mn ₁	0,2—0,5	1 < 2; 5 > 6
Mn ₁	0,5—0,7	1 = 2
Mn ₁	1,0 и выше	1 > 2; 1 < 4
Mn ₂	около 3,0	1 = 4
Mn ₂	7,0	1 ≤ 2
Mn ₂	14,0	1 ≥ 4

Определение марганца нужно производить через 40—60 сек. после включения дуги.

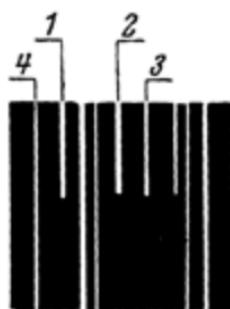
§ 24. Определение ванадия

Ванадий в содержаниях от 0,15 до 2,5% определяют по двум группам линий: V₁ и V₂. Длины волн этих спектральных линий и условные обозначения их приведены в таблице 23.

Таблица 23
Линии для определения ванадия

Наимено- вание групп	Линии ванадия		Линии железа	
	Длины волн в Å	Условные обоз- значения	Длины волн в Å	Условные обоз- значения
V ₁	4379,24	1	4375,93	4
V ₁	4389,97	2		
V ₁	4395,23	3		
V ₂	6216,37	1	6219,29	3
V ₂	6224,50	2	6213,44	4
			6246,33	5
			6252,56	6

На рис. 77 и 78 представлены схемы областей спектра, где расположены спектральные линии ванадия. В таблице 24 даны

Рис. 77. Группа V₁.Рис. 78. Группа V₂.

спектроскопические признаки для определения ванадия.

Таблица 24
Оценки для определения ванадия

Наименование групп	Содержание ванадия в %	Оценки интенсивностей
V ₁	0,15	1 = 4
V ₁	0,30	2 = 4
V ₁	0,50	3 = 4
V ₂	1—1,5	1 = 5; 2 = 3
V ₂	2—2,5	1 > 5; 2 = 4 = 6

Ванадий необходимо определять через 30—40 сек. после включения дуги.

§ 25. Определение молибдена

Молибден в содержаниях от 0,1 до 3% определяют по группе Mo₁. Длины волн спектральных линий этой группы и условные обозначения их приведены в таблице 25.

Таблица 25

Линии для определения молибдена

Наименование групп	Линии молибдена		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
Mo ₁	5533,05	1	5501,47	2
Mo ₁	5570,45	3	5497,52	4
			5586,76	5
			5572,85	6
			5576,11	7
			5569,62	8

На рис. 79 представлена схема области спектра, где расположены спектральные линии молибдена. В таблице 26 даны спектроскопические признаки для определения молибдена.

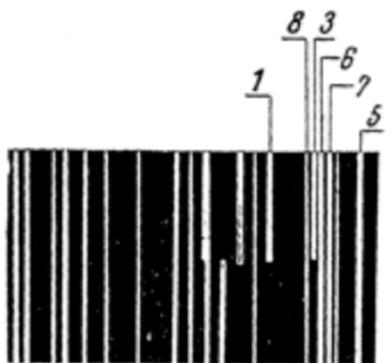


Рис. 79. Группа Mo₁.

Таблица 26
Оценка содержания молибдена

Наименование групп	Содержание молибдена в %	Оценки интенсивностей
Mo ₁	до 0,15	1 < 2
Mo ₁	0,15—0,30	1 = 4; 3 ≤ 7
Mo ₁	0,30—0,60	1 ≤ 6; 3 ≤ 8
Mo ₁	0,6—1,2	1 ≤ 5; 3 = 6
Mo ₁	больше 1,2	1 > 5; 3 > 6

Молибден рекомендуется определять через 30—40 сек. после включения дуги. Если заметна пульсация линий молибдена, то оценки производятся по наибольшей интенсивности линий.

§ 26. Определение никеля

Определение никеля производится по двум группам спектральных линий, длины волн которых и условные обозначения приведены в таблице 27. На рис. 80 и 81 представлены схемы расположения спектральных линий в этих группах.

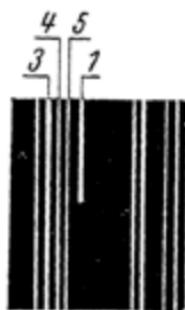


Рис. 80. Группа Ni₁.

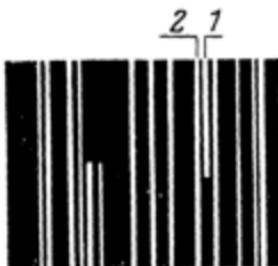


Рис. 81. Группа Ni₂.

дены в таблице 27. На рис. 80 и 81 представлены схемы расположения спектральных линий в этих группах.

По группе Ni₁ можно определять никель в содержаниях от 0,2 до 3%, а по группе Ni₂ — от 1,5 до 20%. В группе Ni₁ на линию никеля 4714,4 Å накладывается линия железа 4714,18 Å, что затрудняет различие содержаний 0,2 и 0,5%. Для того чтобы эти определения делать безошибочно, требуется иметь хороший навык работы со стилоскопом.

Таблица 27
Линии для определения никеля

Наименование групп	Линии никеля		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
Ni ₁	4714,42	1	4710,29 4709,10 4707,28	5 4 3
Ni ₂	5080,52	3	5079,24	2

В таблице 28 приведены соотношения интенсивностей спектральных линий при различных содержаниях никеля.

Определение никеля необходимо производить через одну минуту после зажигания дуги. В течение второй минуты горения дуги интенсивность линий никеля наиболее постоянна. После двухминутного горения дуги сравнений интенсивности производить не следует.

Таблица 28
Оценки для определения никеля

Наименование групп	Содержание никеля в %	Оценки интенсивностей
Ni ₁	0,2	1 < 4
Ni ₁	0,5	1 < 4
Ni ₁	1,5	1 = 5
Ni ₁	3,0	1 > 5; 1 < 3
Ni ₂	1,5	1 появляется при редких вспышках
Ni ₂	3,0	1 < 2 при частых вспышках
Ni ₂	10	1 = 2 при очень частых вспышках
Ni ₂	15—20	1 > 2 без вспышек

В группе Ni₂ сравнение интенсивностей производится в моменты вспышек линий.

ГЛАВА 5

ДОПОЛНЕНИЯ К МЕТОДИКЕ АНАЛИЗА СТАЛЕЙ

§ 27. Определение никеля*)

Никель в содержаниях от 0,2 до 15% можно определять также в группе Ni₃ по линии 5035,37 Å (рис. 82), применяя железный постоянный электрод. В таблице 29 приведены условные обозначения, выбранные для определения спектральных линий.

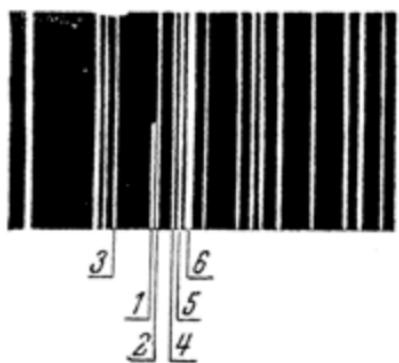


Рис. 82. Группа Ni₃.

При возбуждении спектра дугой постоянного тока линия 5035,37 Å, как и другие линии никеля, также видна в виде отдельных вспышек, но последние менее резки, чем для линий 5079,96 Å; в промежутках между вспышками линия 5035,37 Å не исчезает, а лишь уменьшает свою яркость, так что оценки интенсивностей мож-

но производить либо в моменты вспышек, либо в промежутках между ними.

Таблица 29

Линии для определения никеля

Линии никеля		Линии сравнения железа	
Длины волн в Å	Условные обозна- чения	Длины волн в Å	Условные обозначения
5035,37	1	5036,5	2
		5029,6	3
		5039,26	4
		5041,08	5
		5041,76	6

*) Интересные данные по определению никеля имеются в работе О. Н. Дубровской (1905), опубликованной после написания настоящей книги.

В дуге переменного тока линия 5035,37 не вспыхивает, и оценивать интенсивность её проще. В таблице 30 приведены спектроскопические признаки для определения никеля как в дуге постоянного, так и в дуге переменного тока.

Таблица 30

Оценки для определения никеля

Содержание никеля в %	Оценки интенсивности в дуге постоянного тока		Оценки интенсивностей в дуге переменного тока
	В моменты вспышек	В промежутках между вспышками	
0,2	$1 < 2$ и едва заметна	Линия 1 не видна	$1 \leqslant 2$ и едва заметна
0,5	$1 > 2$	$1 < 2$	$1 \leqslant 2$ и отчётливо видна
1,5	$1 \geqslant 4$	$1 \geqslant 3$	
3,0	$1 > 4$	$1 > 3; 1 < 4$	$1 > 3; 1 < 4$
10	$1 \geqslant 6$	$1 < 5$	$1 \geqslant 4$, временами $1 = 4$
15	$1 > 6$	$1 = 5$	$1 = 5$ $1 = 6$

Линия железа 2 несколько размыта и окружена фоном, в котором линия 1 при содержании никеля 0,2—0,5% выделяется не очень контрастно. При внимательном наблюдении можно всё же достаточно надёжно различать концентрации 0,2% и 0,5%, а также констатировать отсутствие линии 1 при содержании никеля менее 0,2%.

Важно помнить, что на линию 1 накладываются линии титана 5035,91 Å и 5036,47 Å, которые уже при 0,3% титана мешают определению малых количеств никеля (до 0,5%). Поэтому при определении никеля необходимо контролировать отсутствие титана по линии 4999,51 Å (см. § 30), которая расположена недалеко от линии никеля 5035,37 Å.

Определение никеля нужно производить не сразу после включения дуги, а 40—60 сек. спустя; в первые моменты горения дуги линии никеля либо вовсе не появляются, либо имеют пониженную интенсивность.

Не следует также производить определение при длительном горении дуги. После 2,5—3 мин. горения дуги необходимо смениТЬ постоянный электрод и зажечь дугу на вновь защищённом месте образца.

§ 28. Определение кобальта

Определение кобальта производят с железным постоянным электродом по линии 4867,88 Å (на рис. 83 эта линия условно обозначена 1), которая сравнивается с линией железа 2 4878,22 Å.

При содержании кольбата 2% линия 1 слабее линии 2; при 5% кобальта эти линии равноинтенсивны; при 10% линия 1 сильнее 2.

§ 29. Определение молибдена в содержаниях 0,05—0,30%

По группе Mo₂ при тщательном наблюдении и при постоянстве условий возбуждения спектра можно производить довольно точные определения молибдена в пределах от 0,15 до 0,30%. При этом применяется постоянный железный электрод, в дуге поддерживается сила тока в 5 а и промежуток между электродами устанавливается (по шаблону) величиной в 1,5 мм.

Если работа ведётся с дугой постоянного тока, то дугу необходимо зажигать угольком (см. § 3), предварительно установив требуемый дуговой промежуток. В первые секунды горения дуги интенсивность линий молибдена неустойчива. Таким образом, определение можно делать не ранее чем через 30 сек. после зажигания дуги.

Оценку интенсивности спектральных линий нельзя производить при длительном горении дуги. После двухминутного горения необходимо сменить стандартный электрод и зажечь дугу на новом участке образца. Стандартные электроды необходимо предварительно проверить стилоскопом на содержание молибдена; содержание молибдена в стандартном электроде не должно превышать 0,05—0,07%.

Соблюдая перечисленные условия, можно производить определения молибдена по приведённым в таблице 31 спектроскопическим признакам (условные обозначения те же, что и в таблице 13).

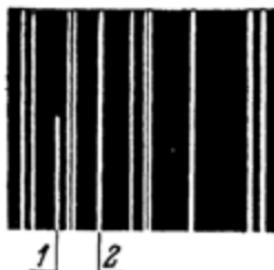


Рис. 83. Группа Со.

Таблица 31
Оценки содержания молибдена

Содержание молибдена в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
около 0,05	1 ≪ 2
0,07—0,08	1 ≦ 2
0,1	1 = 2
0,12—0,13	1 > 2; 1 < 3
0,15	1 > 2; 1 < 3, причём 1 ярче 2 настолько же, насколько 3 ярче 1
0,17—0,18	1 ≦ 3
0,2	1 = 3
0,23—0,25	1 > 3; 1 < 4
0,28—0,30	1 ≦ 4

АБ "Научное наследие России"

§ 30. Определение титана

Титан можно обнаружить по целому ряду спектральных линий, например, по линиям: 4533,24; 4899,91; 4913,62; 4991,07; 4999,51; 4656,47 Å. Количественные определения титана лучше всего производить по линиям 4991,07 и 4999,51 Å, применяя железный постоянный электрод [59]; условные обозначения этих линий и линий сравнения железа приведены в таблице 32.

Таблица 32

Линии для определения титана

Линии титана		Линии сравнения железа	
Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
4991,07	1	4994,13	3
4999,51	2	5001,87	4
		5005,72	5
		5006,13	

На рис. 84 изображена схема спектральных линий в этой



Рис. 84. Группа Ti.

области. В таблице 33 даны спектроскопические признаки для определения титана.

Таблица 33

Оценки для определения титана

Содержание титана в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	Содержание титана в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Следы	$1 < 3$	0,20—0,30	$2 = 3$
0,05	$1 = 3$	0,40—0,75	$2 \geq 4$
0,10—0,15	$1 > 3$	1—1,5	$2 = 5$

Определение титана производится после минутного горения дуги, но даже в этом случае не принимаются во внимание отдельные вспышки или затухания линий титана. Не следует также производить оценки интенсивностей спектральных линий после длительного (около 2 мин.) горения дуги.

Если в испытуемом образце содержание никеля не превышает 5%, то титан в содержаниях, меньших 0,1%, можно также обнаруживать по линии 4999,51 Å, не опасаясь помех от линии никеля 5000,33 Å. Большие же содержания титана можно определить по указанной линии даже при концентрации никеля до 30%.



Рис. 85. Группа А1.

(рис. 85). При анализе берется постоянный железный электрод.

В таблицах 34 и 35 приведены условные обозначения линий и оценки интенсивностей при различных содержаниях алюминия.

§ 31. Определение алюминия

Обнаружить алюминий и определить его содержание можно по линиям 3961,53 Å и 3944,03 Å

Таблица 34

Линии для определения алюминия

Линии алюминия		Линии сравнения железа	
Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
3961,53	1	3956,68	4
		3969,26	5
		3973,65	3
		3976,96	2

Таблица 35

Оценки для определения алюминия

Содержание алюминия в %	Оценка интенсивности спектральных линий
0,2	1=2
0,4	1=3
1,0	1>4
1,5—2	1<5 1=5

На линию железа 3 ($3973,65 \text{ \AA}$) накладывается линия ниобия, которая при содержании последнего свыше 5% искажает оценку для $0,4\%$ алюминия.

Наблюдение указанных здесь линий требует большого внимания, ибо чувствительность глаза к крайним фиолетовым лучам значительно ослаблена. Необходимо очень тщательно рассматривать область спектра, в которой расположены линии алюминия. Отсутствие линий алюминия следует устанавливать с осторожностью и только после того, как будут отчетливо видны линии сравнения железа.

§ 32. Определение ниобия *)

Определение ниобия (рис. 86) можно производить (с железным постоянным электродом) по линиям $4672,10 \text{ \AA}$ и $4675,37 \text{ \AA}$ [106].

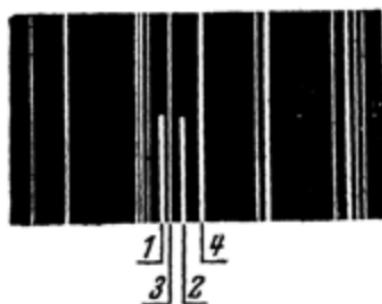


Рис. 86. Группа Nb₁.

В таблицах 36 и 37 приведены условные обозначения линий и оценки интенсивностей при различных содержаниях ниобия.

Таблица 36

Линии для определения ниобия

Линии ниобия		Линии сравнения железа	
Длины волн в \AA	Условные обозначения	Длины волн в \AA	Условные обозначения
4672,10	1	4670,17	3
4675,37	2	4678,85	4

*) В американской технической литературе, в частности в таблицах спектральных линий Гаррисона, ниобий называется колумбием и обозначается символом "Сб".

В первые моменты горения дуги линии ниобия часто вспыхивают; определение следует производить 40—50 сек. спустя, когда интенсивности линий ниобия становятся более постоянными.

Таблица 37
Оценки для определения ниобия

Содержание ниобия в %	Оценки интенсивности спектральных линий
0,1—0,5	1=2<3
0,6—0,1	1=2>3 1=2<4
более 1,5	1=2>4

На линию ниобия 4675,37 Å может накладываться линия титана 4675,12 Å, которая мешает определениям, начиная с концентрации 0,2% титана. В этом случае ниобий нужно определять по линии 4672,10 Å, однако к последней прилегает линия марганца 4671,69 Å, появляющаяся при содержании марганца в концентрациях выше 1%.

Очевидно, что если в стали одновременно содержится более 0,2% титана и более 1% марганца, то определение ниобия по

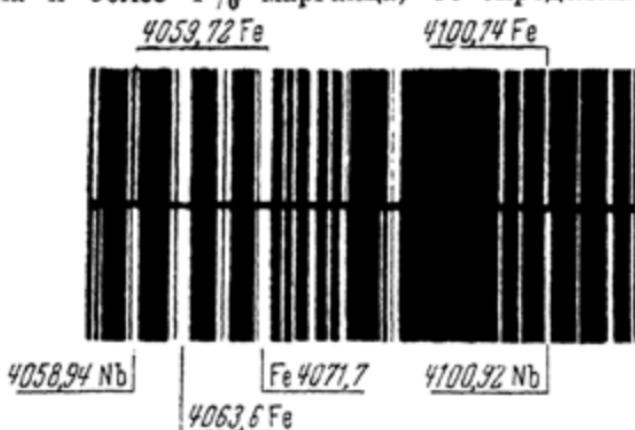


Рис. 87. Группа Nb₂.

названным линиям практически невозможно. В этом случае можно качественно обнаружить ниобий по линиям 4058,94 Å и 4100,92 Å^[46] (рис. 87).

Довольно близко к этим линиям расположены линии железа 4059,72 Å и 4100,74 Å, но, несмотря на это, ниобий легко обнаруживается, начиная с концентрации 0,3%. Большую помеху может оказать сильная линия ванадия 4099,80 Å, накладывающаяся на линию 4100,92 Å.

§ 33. Определение циркония

Цирконий можно обнаружить по трём группам спектральных линий^[108], длины волн и условные обозначения которых приведены в таблице 38. На рис. 88—90 представлены схемы областей спектра с линиями циркония.



Рис. 88. Группа Zr₁.

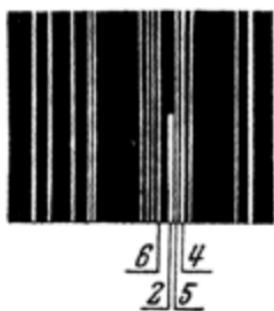


Рис. 89. Группа Zr₂.

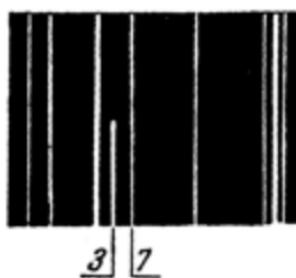


Рис. 90. Группа Zr₃.

Цирконий нужно определять без предварительного обжига, так как при малых содержаниях спектральные линии его быстро исчезают.

Таблица 38

Линии для определения циркония

Наименование групп	Линии циркония		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
Zr ₁	4815,63	1	5049,82	
Zr ₂	5046,58	2	5048,45	4
			5044,22	5
Zr ₃	5620,14	3	5624,55	6
				7

Более чувствительной является линия 1 затем 2. При содержании циркония от 0,1 до 1% линия 1 видна отчетливо, но через

некоторое время после зажигания дуги она исчезает из спектра, линия 2 исчезает из спектра быстрее. Линия 2 в начале горения дуги близка по интенсивности линиям 5 и 6. При содержании циркония выше 1,2% линия 3 близка по интенсивности линии 7 после двухминутного горения дуги.

По совокупности указанных признаков можно произвести оценку содержания циркония.

Приведенные выше оценки содержания циркония были получены при возбуждении спектров дугой постоянного тока с железным электродом. Следует оговорить, что эти оценки носят предварительный характер, при наличии образцов их можно уточнить для определения промежуточных содержаний.

§ 34. Определение кремния

В видимой области спектра есть только две группы спектральных линий, по которым, хотя и с некоторыми трудностями, можно определять кремний.

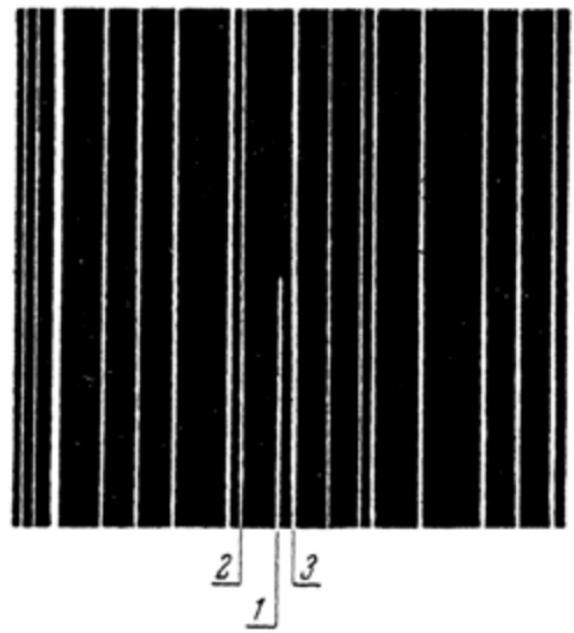


Рис. 91. Группа Si_1 .

По линии 3905,53 Å (на рис. 91 она обозначена цифрой 1), расположенной в группе Si_1 , обнаруживают присутствие кремния в содержаниях около 1%. Линия 1 сравнивается с линиями железа 2 (3903,90 Å) и 3 (3906,48 Å). Постоянный электрод берется железный.

Рассматривая крайнюю фиолетовую область спектра, в которой расположена линия 3905,5 Å, необходимо, как уже упоминалось, иметь в виду пониженную чувствительность глаза к такому излучению. Ток дуги нужно

увеличить до 8—10 а. Наблюдая спектр, следует смещать осветительную линзу, отыскивая положение, при котором яркость спектра наибольшая.

В видимой области спектра кроме линии 3905,53 Å нет дуговых линий кремния. В группе Si_2 расположены искровые ли-

нии кремния $6347,01 \text{ \AA}$ и $6371,09 \text{ \AA}$. По этим линиям кремний можно определять только при искровом режиме генератора дуги переменного тока или в конденсированной искре (см. § 3). При определениях предпочтительнее пользоваться медным электродом, ибо в этом случае уменьшается фон в крас-

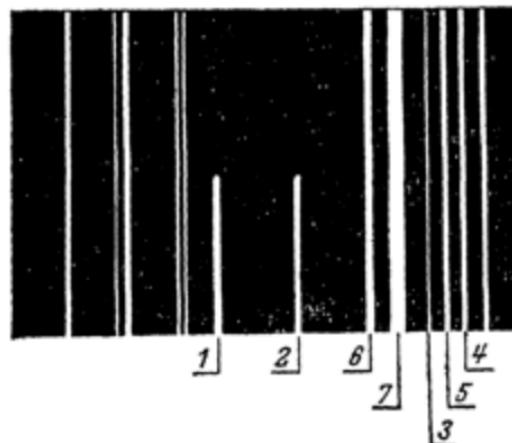


Рис. 92. Группа Si_2 .

ной области спектра и увеличивается чувствительность определения кремния.

В таблице 39 приведены длины волн и условные обозначения выбранных для анализа спектральных линий.

Таблица 39
Линии для определения кремния

Наимено- вание групп	Линии кремния		Линии сравнения железа	
	Длины волн в \AA	Условные обозначе- ния	Длины волн в \AA	Условные обозначе- ния
Si_1	3905,53	1	3903,90	2
			3906,48	3
Si_2	6347,01	1	6408,03	3
	6371,09	2	6421,35	4
			6411,66	5
			6393,60	6
			5400,02	7

На рис. 92 изображена схема расположения спектральных линий в этой области.

В таблице 40 даны спектроскопические признаки для оценки содержания кремния, установленные в дуге переменного тока с искровым режимом.

Таблица 40

Оценка для определения кремния *)

Наименование групп	Содержание кремния в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Si ₁	0,8—1,2	1 < 2
Si ₁	1,0—1,5	1 ≥ 2
Si ₁	2	1 = 3
Si ₂	0,1—0,15	1 ≤ 3
Si ₂	0,3	1 = 4
Si ₂	0,6	1 = 6; 2 = 3
Si ₂	1,2—1,4	1 > 6; 1 ≤ 7
Si ₂	1,8—2,0	1 > 7; 2 < 6

§ 35. Определение меди **)

Определение меди следует производить с цинковым постоянным электродом, так как в обычных железных электродах почти всегда присутствует медь в содержании 0,1—0,15%.

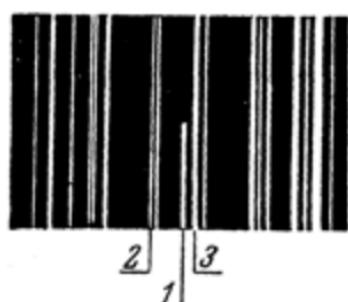


Рис. 93. Группа Cu.

Цинк, выбранный для электродов, также следует проверить на отсутствие меди по линии 5105,54 Å.

На рис. 93 изображена схема расположения спектральных линий в этой области.

*) Линии Si₁ получены в дуговом режиме, линии Si₂ — в искровом.**) Интересные данные по определению меди приведены в работе П. Д. Корж и М. Н. Шутман⁽¹⁰⁷⁾, опубликованной после написания этой книги.
Научное наследие России

В таблице 41 даны условные обозначения выбранных для анализа линий.

Таблица 41
Линии для определения меди

Линии меди		Линии сравнения железа	
Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
5105,54	1	5096,99	2
		5107,45	3
		5137,39	4
		5139,26/48	5

В таблице 42 приведены оценки интенсивностей спектральных линий при различных содержаниях меди.

Если потребуется определять медь в содержаниях больше 0,6%, то лучше перейти к наблюдению линии 5292,52 Å в группе Cu, (см. рис. 115). При содержании меди 0,3% по этой группе имеем $1 < 2$, при содержании меди 0,6% имеем $1 = 2$.

Линии меди непостоянны по интенсивности. Иногда они вспыхивают очень ярко, иногда же ослабевают. Оценки, приведённые в таблице 42, получены на основании среднего впечатления, причём резкие изменения интенсивности во внимание не принимались.

Таблица 42
Оценки для определения меди

Содержание меди в %	Оценки интенсивно- стей спектральных линний
0,05	$1 = 2$
0,15	$1 \geq 3$
0,30	$1 \geq 3$; $1 = 4$
0,6	$1 > 4$; $1 < 5$

§ 36. Определение малых содержаний ванадия^[80]

Иногда представляет интерес определение малых содержаний ванадия. В частности, это важно при контроле бессемеровского процесса и в некоторых других случаях. В таблице 43 приведены спектроскопические признаки, установленные в дуге переменного тока, для определения ванадия в содержаниях от 0,02 до 0,4%. Определения производятся с железным электродом, заточенным на слегка притуплённое остриё. Межэлектродный промежуток — 3 мм. На испытуемом образце зачищается прямой двутранный угол, ребро которого располагается против стандартного электрода. Такая подготовка электродов способствует более сильному горению их, что необходимо для увеличения интенсивности области спектра, содержащей линии ванадия; по этой же причине сила

тока дуги увеличивается до 8 а. Предварительный обжиг длится 5—10 сек.; определение необходимо закончить в течение 15—20 сек., ибо после этого времени требуется очистка или смена электродов.

Таблица 43

Оценки для определения ванадия

Содержание ванадия в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	
0,02	V 4379,24 < Fe 4373,57	V 4389,97 < Fe 4389,25
0,03	V 4379,24 = Fe 4373,57	V 4389,97 < Fe 4389,25
0,04	V 4389,97 = Fe 4389,25	V 4379,24 > Fe 4373,57
0,06	V 4389,97 > Fe 4389,25	V 4389,97 < Fe 4390,95
0,09	V 4389,97 = Fe 4390,95	
0,15	V 4389,97 > Fe 4390,95	V 4379,24 < Fe 4375,93
0,20	V 4379,24 = Fe 4375,93	
0,40	V 4389,97 = Fe 4375,93	

§ 37. Определение хрома в содержаниях 0,8—1,6%^[85]

Иногда возникает необходимость уточнённого определения хрома при содержаниях его 0,8—1,6%, в частности, это важно при сортировке сталей 30 ХГСА и 35 ХГСА.

В таблице 44 приведены спектроскопические признаки для таких определений, установленные в дуге переменного тока с железным постоянным электродом при обычных условиях. Наблюдения производятся в группе Cr₃ (рис. 52) и по линиям Cr 4651,28 и Fe 4643,60 Å.

Таблица 44

Оценки для определения хрома

Содержание хрома в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	
0,8—1,0	Cr 4646,17 < Fe 4634,60	Cr 4652,16 < Fe 4647,44
1,0—1,2	Cr 4646,17 = Fe 4654,62	Cr 4652,16 ≥ Fe 4647,44
1,2—1,4	Cr 4646,17 > Fe 4654,62	Cr 4651,28 < Fe 4647,44
1,4—1,6	Cr 4652,16 > Fe 4647,44 Cr 4652,16 < Fe 4654,62	

ГЛАВА 6

АНАЛИЗ СПЛАВОВ НА МЕДНОЙ ОСНОВЕ

§ 38. Предварительные сведения

Анализ цветных сплавов с технической стороны практически не отличается от анализа сталей. Определение примесей производится при возбуждении спектра как дугой переменного тока, так и дугой постоянного тока. С обоими источниками мы получаем примерно одинаковые оценки; те же случаи, где в оценках наблюдаются существенные различия, оговариваются особо. Отыскание аналитических спектральных линий в значительной степени облегчается вследствие малого числа линий в спектре, но это же обстоятельство приводит к затруднениям при оценках интенсивности. Зачастую трудно выбрать удобные линии для сравнения, и приходится сопоставлять либо широко расставленные линии, либо линии разного вида, например, резкую линию и размытую *).

Почти при всех анализах сплавов на медной основе применяется медный стандартный электрод. Случаи работы с другими электродами оговариваются особо.

Интенсивность излучения дуги между медными электродами значительно меньшая, чем между железными; поэтому для удобства наблюдения силу тока в дуге необходимо повышать до 6—8 а.

Приводимые ниже спектроскопические оценки установлены главным образом для наиболее употребительных сплавов, охваченных ГОСТ'ами; эти оценки нельзя считать абсолютно справедливыми для всех без исключения сплавов на медной основе. Значительное изменение содержания какой-либо составляющей может существенным образом повлиять на интенсивности спектральных линий других примесей. Эти особенности, при количественном анализе, заметны в цветных сплавах более, нежели в чёрных. Поэтому, хотя до сих пор это явление ещё не обнаруживалось при помощи стилоскопа, есть основания предполагать, что при некоторых сочетаниях составных частей сплавов

* Размытые линии на схемах спектров изображены штрихованными полосами.

можно будет заметить отклонения в оценках интенсивностей спектральных линий. Таким образом, при анализе новых или опытных сплавов данные здесь количественные оценки следует применять с осторожностью и стараться проверять их на образцах с известным химическим составом.

Кроме того, при анализе медных сплавов изменение интенсивностей линий при изменении размеров и формы постоянного электрода заметно более, чем при анализе сталей. Тонкие (около 5 мм диаметром) постоянные электроды сгорают быстрее, чем толстые, и пламя дуги обогащается атомами меди, что приводит к большей интенсивности линий сравнения меди. Таким образом, оценки концентрации примесей занижаются. Чтобы избежать этого явления, которое особенно резко сказывается при определении олова и свинца, следует применять более массивные постоянные электроды диаметром около 10—12 мм.

§ 39. Определение цинка

Для обнаружения цинка и оценки его содержания пользуются тремя группами линий, которые приведены в таблице 45.

Таблица 45
Линии для определения цинка

Наимено- вание группы	Линии цинка		Линии сравнения меди	
	Длины волн в Å	Условные обозна- чения	Длины волн в Å	Условные обозна- чения
Zn ₁	6362,35	—	—	—
Zn ₂	4810,53	1	4704,60	4
Zn ₂	4722,16	2	4697,49*)	5
Zn ₂	4680,14	3	4674,76*)	6
Zn ₃	5181,99	1	4651,13	7
			5175,89	2
			5200,87	3

Присутствие цинка в сплаве устанавливается по появлению красной линии цинка 6362,35 Å в группе Zn₁ (рис. 94). В латунях, где содержание цинка составляет около 40%, эта линия обладает большой яркостью. Она настолько интенсивна, что создаётся впечатление, словно в окружающей области отсутствуют

*) Линия размыта. Сравнивать интенсивности резких и размытых спектральных линий несколько затруднительно. В таких случаях рекомендуется слегка расфокусировать окуляр, придав тем самым более однообразный вид размытой и резкой линиям.

какие-либо иные спектральные линии, только при внимательном рассматривании спектра удается заметить несколько линий меди.

В безоловянистых бронзах, где содержание цинка составляет около 5%, линия Zn_1 очень слаба и не выделяется по своей интенсивности среди других линий этой области спектра. Таким образом, на основании яркости линии Zn 6362,35 Å можно очень просто отличать латуни от бронз с малым содержанием цинка.

Грубое количественное определение содержания цинка производят по спектральным линиям 4680,14 Å, 4722,16 Å и 4810,53 Å в группе Zn_2 (рис. 95).

В таблице 46 приведены соотношения интенсивностей спектральных линий меди и цинка для различных содержаний последнего.

Оловянистые бронзы, где содержание цинка может доходить до 14%, довольно трудно отсортировать от латуней по красной линии 6362,35 Å. Только при большом навыке можно уловить разницу в интенсивности этой линии при содержаниях цинка

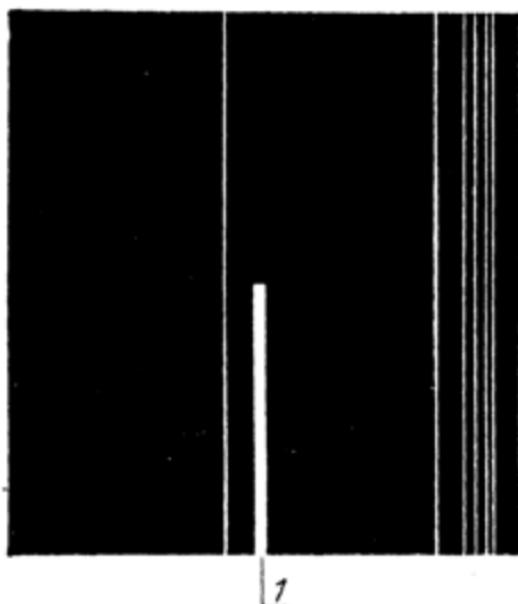


Рис. 94. Группа Zn_1 .

Таблица 46

Оценки для определения цинка

Наименование групп	Содержание цинка в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	Наименование групп	Содержание цинка в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Zn_2	0,005	1—видна очень слабо; 2—едва видна; 3—не видна	Zn_2	10	$3 > 4; 2 \geq 7$
Zn_2	0,1	$2 \leq 5$	Zn_2	12	$3 = 7; 2 \geq 7$
Zn_2	0,5	$2 < 4; 2 = 5$	Zn_2	15	$2 > 7; 3 \geq 7$
Zn_2	1,0	$2 \leq 4; 2 = 6$	Zn_2	20	$3 > 7$
Zn_2	1,5	$2 \geq 4; 3 = 6$	Zn_3	более 30	$3 \geq 7$
Zn_2	5	$3 > 6; 3 = 4$	Zn_3	15	$1 \leq 2; 1 \leq 3$
			Zn_3	30—40	$1 > 2; 1 \leq 3$

15 и 40%. Различие этих содержаний цинка не очень отчетливо заметно и по линиям Zn 4680,14 и Cu 4674,76 (рис. 95). Более

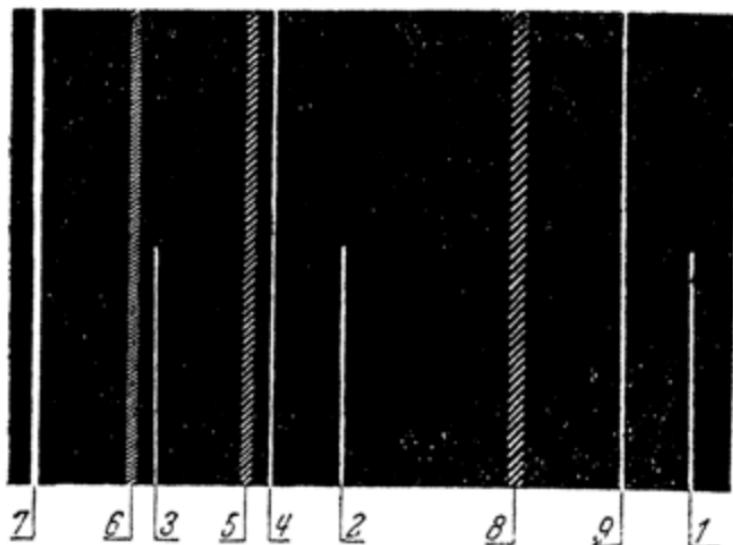


Рис. 95. Группа Zn_2 .

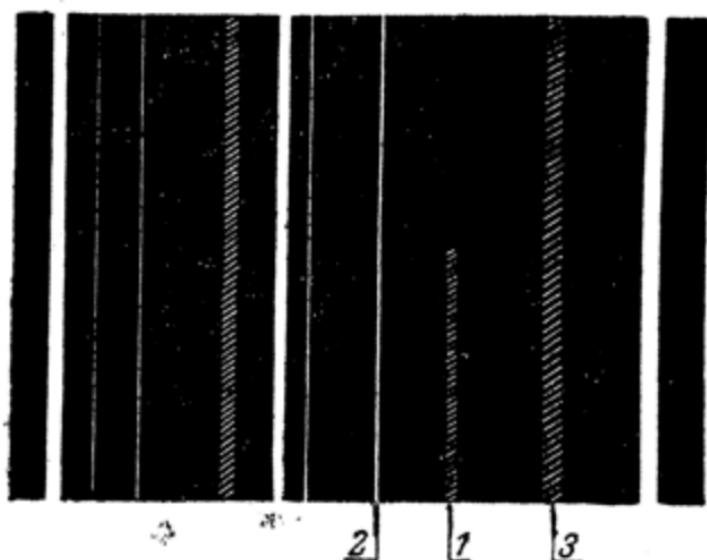


Рис. 96. Группа Zn_3 .

надежно можно отличить латунь от бронзы с повышенным содержанием цинка по линии цинка 5181,99 Å в группе Zn_3 .

На рис. 96 представлена схема расположения спектральных линий в области Zn_3 .

§ 40. Определение никеля

Присутствие никеля, как и при анализе сталей, обнаруживают по линии 5080,52 Å. Для количественных оценок пользуются

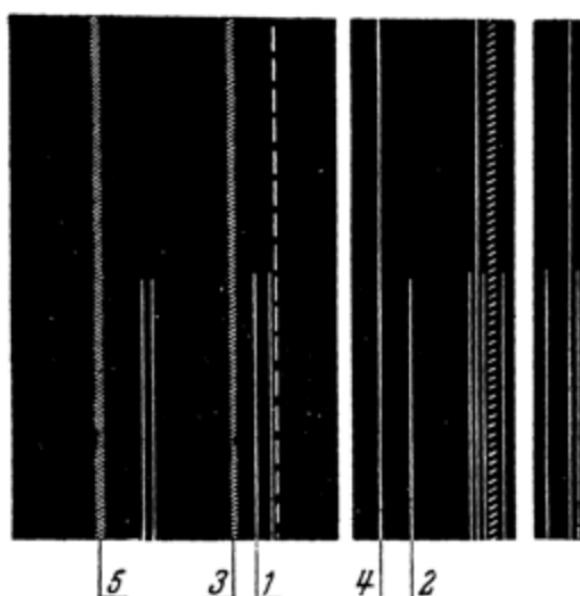


Рис. 97. Группа Ni.

ещё линией никеля 5115,40 Å. На рис. 97 представлена схема расположения спектральных линий.

В таблице 47 даны условные обозначения линий.

Таблица 47

Линии для определения никеля

Линии никеля		Линии сравнения меди	
Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
5080,52	1	5076,17*)	3
5115,40	2	5111,91 5034,3 *)	4 5

Двойная линия никеля 5080,52 Å некоторыми стилоскопами не разрешается, и линии никеля сливаются. В данном случае это удобнее, ибо, сливаясь вместе, две линии производят впечатление

*) Линия размыта.

одной, слегка размытой, которую удобно сравнивать с размытой линией меди 5076,17 Å.

В таблице 48 приведены соотношения интенсивностей линий никеля и меди для различных содержаний никеля.

Таблица 48

Оценки для определения никеля

Содержание никеля в %	Оценка интенсивностей спектральных линий	Содержание никеля в %	Оценка интенсивностей спектральных линий
0,5	$1 \leqslant 3$	3	$1 = 3$
1	$1 < 3; 2 < 4$	4	$1 \geqslant 3; 2 \leqslant 4$
2	$1 = 5$	5	$2 = 4$
2,5	$1 \leqslant 3; 2 < 4$	6	$1 > 3; 2 \geqslant 4$

Положение линии никеля 5080,52 Å необходимо хорошо заметить, потому что в некоторых сплавах, где никеля нет, правее линии 1 (рис. 97) может присутствовать линия кадмия 5085,82 Å, которую можно ошибочно принять за линию никеля. На рис. 97 положение линии кадмия показано пунктиром.

§ 41. Определение марганца

Присутствие марганца обнаруживают по линии 4754,04 Å (рис. 98 и 99) в группе Mn₁. Контрольные определения можно делать по линии 4502,22 Å в группе Mn₂ (рис. 100).

В таблицах 49 и 50 приведены выбранные линии и оценки для различных содержаний марганца.

Таблица 49

Линии для определения марганца

Наименование групп	Линии марганца		Линии сравнения меди	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
Mn ₁	4754,04	1	4704,60	4
Mn ₁	4709,71	2	4697,49*)	5
Mn ₁	4766,43	3	4766,73**) (6
Mn ₂	4502,22	1	4530,82	5
			4507,5*)	2
			4513,20***)	3
			4586,96*)	6
			4480,36	4

*) Линия размыта.

**) Линия широка и размыта.

***) Линия очень слаба, отчетливо видна при токе 7—8 а.

Слабая размытая линия меди 6 (рис. 98), перекрывается линией марганца 3. При содержании марганца 0,2% линия 3

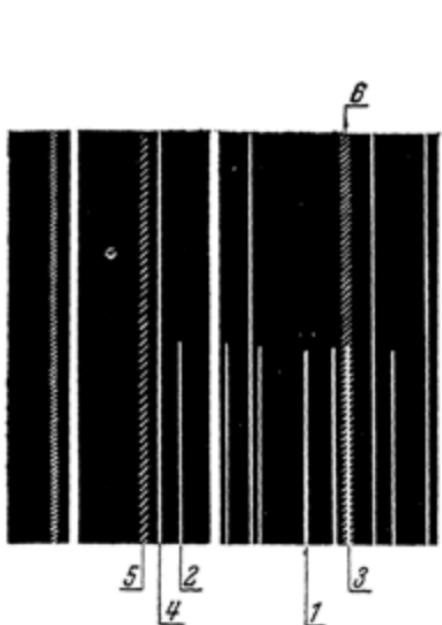


Рис. 98. Группа Mn_1 в латунях.

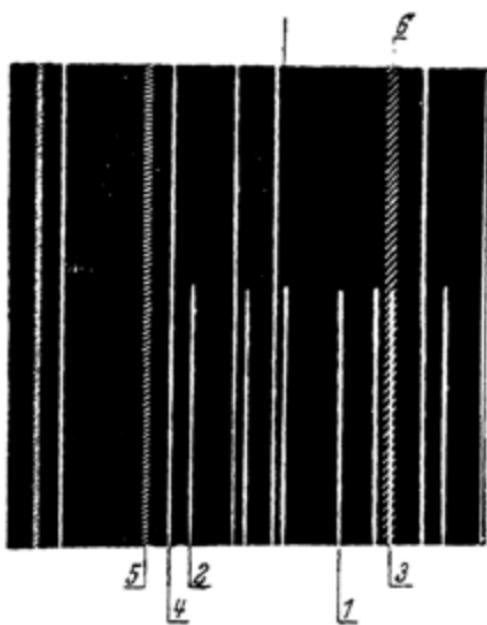


Рис. 99. Группа Mn_1 в бронзах.

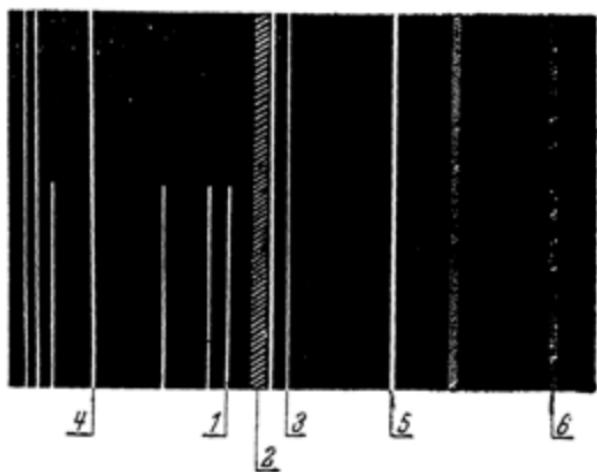


Рис. 100. Группа Mn_2 .

как бы отсутствует, не выделяясь на фоне линии 6. При содержании марганца свыше 0,2% линия 3 заметно выделяется на фоне размытой линии 6.

Линии 1 и 4 заметно отличаются по цветности; 1 имеет зелёный оттенок, 4 — синий. Интенсивности линий различной цветности сравнивать несколько затруднительно. Кроме того, в латуниях между линиями 1 и 4 расположена очень яркая линия цинка 4722,16 Å, присутствие которой также затрудняет сравнение интенсивностей линий 1 и 4.

Все эти обстоятельства следует иметь в виду, хотя они и не создают крупных помех при определении марганца и обращают на себя внимание только при начальном знакомстве с методом.

Таблица 50

Оценки для определения марганца

Наименование групп	Содержание марганца в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	Наименование групп	Содержание марганца в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Mn ₁	0,2	1 < 5; 3 = 6	Mn ₂	0,2	1 < 3
Mn ₁	0,5	1 = 5; 1 < 4	Mn ₂	0,5	1 = 3
Mn ₁	1	1 = 4	Mn ₂	1	1 = 2; 1 > 3
Mn ₁	2	1 > 4; 2 ≥ 5	Mn ₂	2	1 = 4
Mn ₁	4	2 = 4	Mn ₂	4	1 = 6
Mn ₁	6	2 ≥ 4	Mn ₂	6	1 > 6; 1 ≥ 5
Mn ₁	10	2 > 4	Mn ₂	10	1 > 5

Присутствие ярких линий цинка в рассматриваемой области заметно меняет картину спектра, поэтому на рисунках показаны схемы спектральных линий: для латуни (рис. 98), где линии цинка 4680,14, 4722,16 и 4810,53 Å очень интенсивны и для бронзы (рис. 99) с малым содержанием цинка.

Если возникает неуверенность в определении содержания марганца по вышеописанным признакам, то можно проконтролировать определения, рассматривая спектральную линию марганца 4502,22 Å в группе Mn₂ (рис. 100).

§ 42. Определение железа

Присутствие железа обнаруживают по спектральным линиям 4383,55 Å и 4404,75 Å из группы Fe₁ (рис. 101). Повышенные концентрации железа (2—6%) удобнее определять по линии

5232,94 Å, расположенной в группе Fe₂ (рис. 102). В таблице 51 приведены обозначения спектральных линий, а в таблице 52—

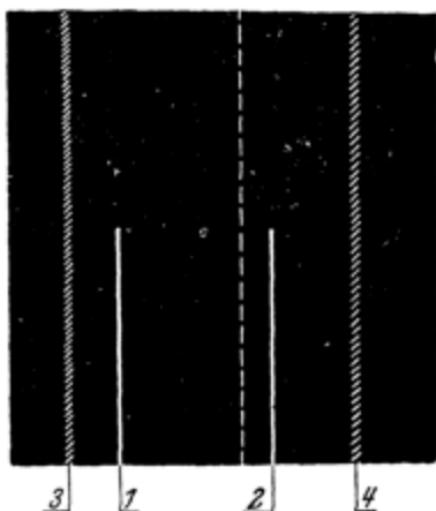


Рис. 101. Группа Fe₁ (пунктиром указана линия никеля).

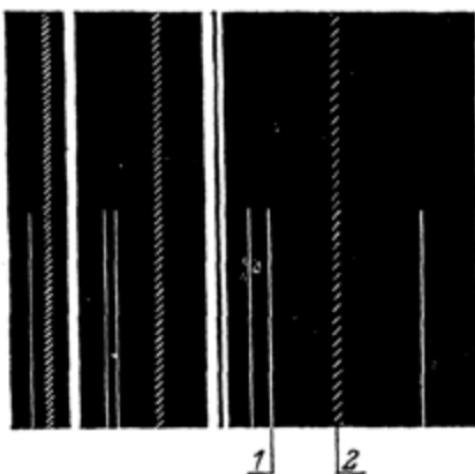


Рис. 102. Группа Fe₂.

оценки интенсивностей при различных содержаниях железа.

Таблица 51

Линии для определения железа

Наимено- вание групп	Линии железа		Линии сравнения меди	
	Длины волн в Å	Условные обозна- чения	Длины волн в Å	Условные обозна- чения
Fe ₁	4383,55	1	4378,20 *)	3
Fe ₁	4404,75	2	4415,60 *)	4
Fe ₂	5232,94	1	5245,36 *)	2

Таблица 52

Оценки для определения железа

Содержание железа в %	Оценки интенсивностей спектральных линий		Содержание железа в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	
	По фиолето- вым линиям группы Fe ₁	По зелёным линьям группы Fe ₂		По фиолето- вым линиям группы Fe ₁	По зелёным линьям группы Fe ₂
0,1	1 < 4	1 едва видна	1	1 ≥ 3; 2 ≤ 3	1 ≤ 2
0,2	1 = 4	1 ≤ 2	2	2 = 4	1 ≤ 2
0,5	1 ≤ 3	1 > 2	4	2 > 3	1 = 2
0,8	1 = 3	1 < 2	6	2 ≥ 3	1 > 2

§ 43. Определение свинца

Присутствие свинца обнаруживают по фиолетовой спектральной линии 4057,82 Å группы Pb₁ (рис. 103). Свинец в содержаниях выше 3—4% удобнее определять по зелёной спектральной линии 5005,43 Å группы Pb₂ (рис. 104). Линия свинца 4057,82 Å

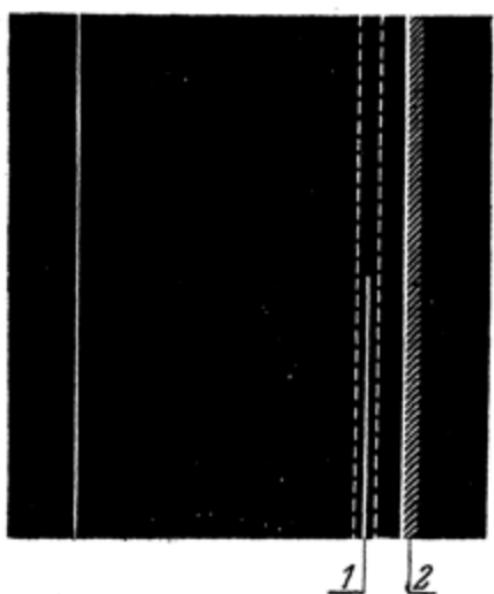


Рис. 103. Группа Pb₁ (пунктиром указаны линии марганца).

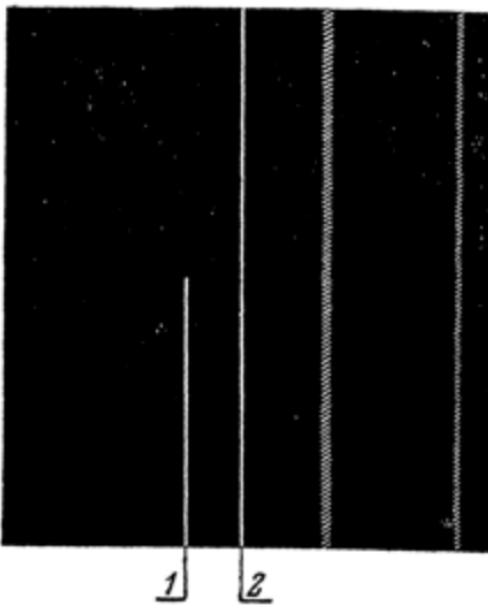


Рис. 104. Группа Pb₂.

совпадает с линией цинка 4057,71 Å, но, как уже указывалось выше, последняя принадлежит ионизованному атому цинка и интенсивность её весьма мала. При возбуждении спектра дугой постоянного или переменного тока линия цинка 4057,71 Å не видна.

При наличии в образце марганца линию свинца 4057,82 Å с двух сторон охватывают линии марганца 4055,54 Å и 4058,93 Å, изображённые на рис. 103 пунктиром. В таблицах 53 и 54 приведены обозначения спектральных линий и оценки интенсивностей.

Таблица 53
Линии для определения свинца

Наимено- вание групп	Линии свинца		Линии сравнения меди	
	Длины волн в Å	Условные обозначе- ния	Длины волн в Å	Условные обозначе- ния
Pb ₁	4057,82	1	4062,70	2
Pb ₂	5005,43	1	5016,61	2

Таблица 54
Оценки для определения свинца

Содержание свинца в %	Оценка интенсивностей спектральных линий		Содержание свинца в %	Оценка интенсивностей спектральных линий	
	По фиолетовым линиям группы Pb ₁	По зеленым линиям группы Pb ₂		По фиолетовым линиям группы Pb ₁	По зеленым линиям группы Pb ₂
0,05	1 едва видна	1 не видна	4	—	1 < 2
0,2	1 ≈ 2	1 » »	6	—	1 = 2
0,5	1 < 2	1 едва видна	8	1 ≈ 2	1 > 2
1	1 = 2	1 ≈ 2	30	—	1 ≈ 2
2	1 > 2	1 < 2			

Бронзу с большим содержанием свинца можно сразу узнать по характерному горению её в дуге. Горение происходит очень интенсивно, с заметным выделением паров и разбрызгиванием плавящегося металла. Заметив подобное явление, следует уменьшить силу тока до 2—3 а.

§ 44. Определение олова

Присутствие олова обнаруживается по спектральной линии

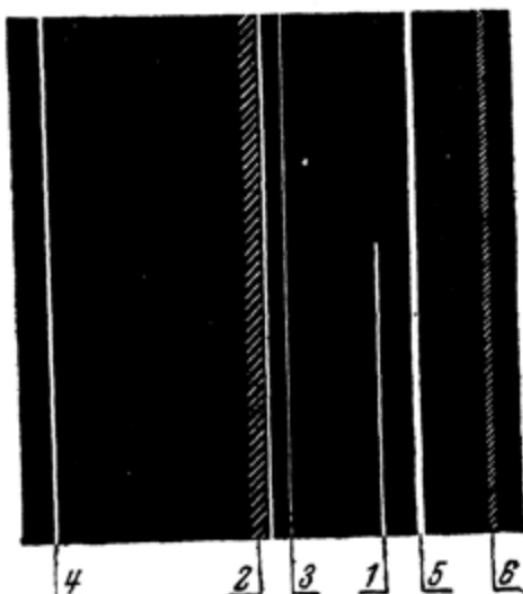


Рис. 105. Группа Sn₁.

4524,74 Å в группе Sn₁ (рис. 105). В таблицах 55 и 56 приве-

дены условные обозначения линий и оценки интенсивностей при различных содержаниях олова.

Таблица 55
Линии для определения олова

Наимено- вание групп	Линии олова		Линии сравнения меди	
	Длины волн в Å	Условные обозначе- ния	Длины волн в Å	Условные обозначе- ния
Sn_1	4524,74	1	4507,5	2
			4513,20	3
			4480,36	4
			4530,82	5
			4539,69	6
			5721,78	2
Sn_2	5631,68	1	5554,94	3
			5534,98	4
			5700,24	5

Таблица 56
Оценки для определения олова

Содержание олова в %	Оценки интенсивностей спектральных линий		Содержание олова в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	
	По фиолето- вой линии группы Sn_1	По жёлтой линии групп- пы Sn_2		По фиолето- вой линии группы Sn_1	По жёлтой линии групп- пы Sn_2
0,1	1 = 3	—	3	—	1 > 2; 1 = 3
0,2	1 > 3	—	6	1 = 5	1 > 3
0,6	1 = 2; 1 < 6	—	8	1 > 5	1 > 3; 1 < 4
1	1 > 2; 1 < 6	1 < 2	10	1 > 5	1 = 4
1,5	1 = 6; 1 > 2	1 = 2	15	—	1 > 4; 1 < 5
2	1 = 4	1 > 2	20	—	1 > 4; 1 < 5

В группе Sn_1 линия 6 размыта. Линия 2 (4507,5 Å) широка и размыта, её не следует смешивать с резкой линией 4509,39 Å, примыкающей к линии 2. Линия 3 очень слаба, она отчётливо видна при силе тока в дуге 7—8 а.

Сплавы с повышенным содержанием олова рекомендуется сортировать по группе Sn_2 в жёлтой области спектра с помощью линии 5631,68 Å. На рис. 106 показана схема расположения спектральных линий в этой группе.

В жёлтой области линия 1 начинает появляться при содержании олова около 1%, меньшие содержания рекомендуется наблюдать только по группе Sn₁.

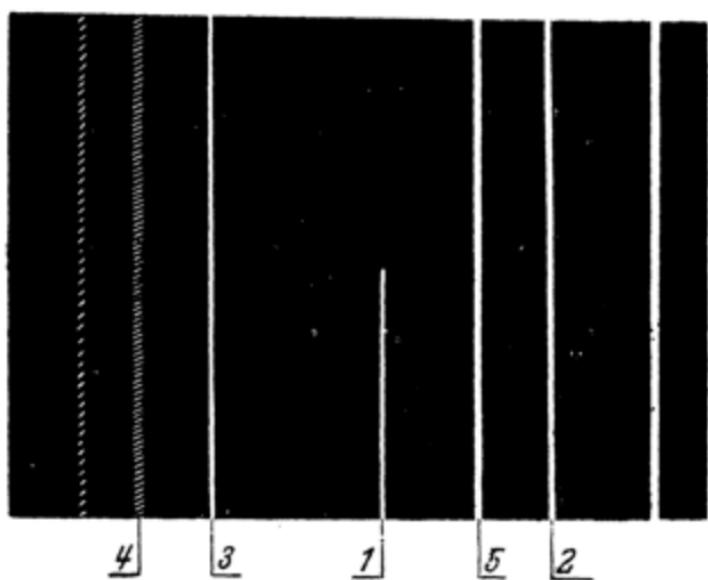


Рис. 106. Группа Sn₂.

§ 45. Определение алюминия

Присутствие алюминия устанавливают по спектральным линиям 3944,03 Å и 3961,63 Å (рис. 107 и 108). Вблизи линии алюминия не имеется линий меди для сравнения, что вносит затруднения при определениях.

Весьма приближённую оценку содержания алюминия можно произвести следующим приёмом: окуляр (или спектр) сдвигается так, чтобы по краям поля зрения можно было видеть линию алюминия 3961,53 Å и линию меди 4022,66 Å: тогда при содержании алюминия около 0,2% линия алюминия значительно слабее линии меди, при содержании алюминия 2—3% линия алюминия близка по интенсивности линии меди, но несколько слабее её, при 5% алюминия линия его немного сильнее линии меди, при 10% алюминия линия его заметно ярче линии меди.

Трудность такой оценки заключается в том, что приходится рассматривать линии, расположенные на противоположных краях поля зрения, которые не удается видеть одновременно. Необходимо смотреть сначала на одну линию, потом на другую.

Значительно удобнее и более надёжно сравнивать линии алюминия с линиями железа, для чего медный постоянный электрод



Рис. 107. Группа Al_1 (медный электрод).

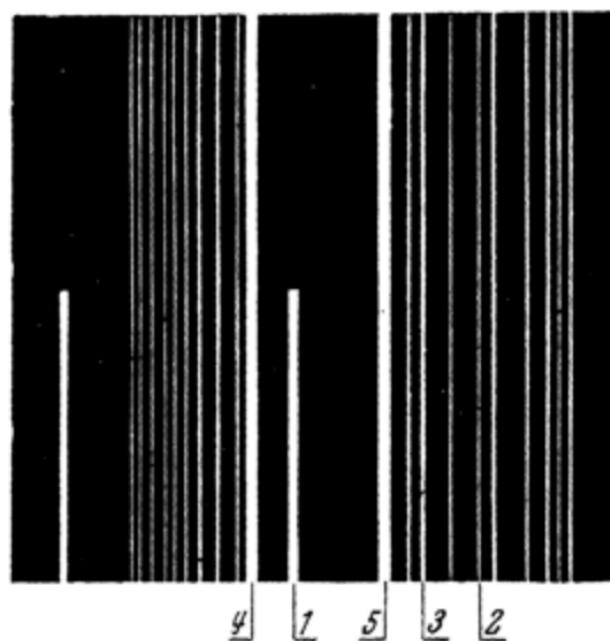


Рис. 108. Группа Al_2 (железный электрод).

следует заменить железным. В таблице 57 приведены обозначения выбранных для анализа линий алюминия и железа.

Таблица 57

Линии для определения алюминия

Наименование групп	Линия алюминия		Линии сравнения	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
Al ₁ с медным электродом	3961,53	1	4022,66	2
Al ₂ с железным электродом	3961,43	1	3976,84 3973,65 3956,68 3969,26	2 3 4 5

Чтобы удобнее было рассматривать слабые линии в фиолетовой области, силу тока дуги следует увеличить до 8—10 а и тщательно регулировать освещение линзой. Интенсивности нужно оценивать только после того, как будут найдены в спектре все линии сравнения железа. Если не удаётся обнаружить слабые линии железа 5 и 4, то это означает, что либо глаз ещё недостаточно адаптирован на фиолетовую область, либо щель стилоскопа освещена недостаточно хорошо.

В таблице 58 приведены оценки интенсивности спектральных линий при различных содержаниях алюминия.

Таблица 58

Оценки для определения алюминия

Наименование групп	Содержание алюминия в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	Наименование групп	Содержание алюминия в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Al ₁	0,2	1 ≪ 2	Al ₂	0,4	1 = 3
Al ₁	2—3	1 = 2	Al ₂	0,8	1 > 3; 1 < 4
Al ₁	5	1 > 2	Al ₂	1,5	1 ≦ 4
Al ₁	10	1 ≫ 2	Al ₂	4	1 = 4; 1 < 5
Al ₂	0,1	1 < 2	Al ₂	8	1 > 4; 1 < 5
Al ₂	0,2	1 = 2	Al ₂	10	1 = 5

§ 46. Определение берилля

Берилль обнаруживают по линии 1 ($4572,67 \text{ \AA}$), которую можно сравнивать с линиями меди 2 ($4539,69 \text{ \AA}$) и 3 ($4509,39 \text{ \AA}$).

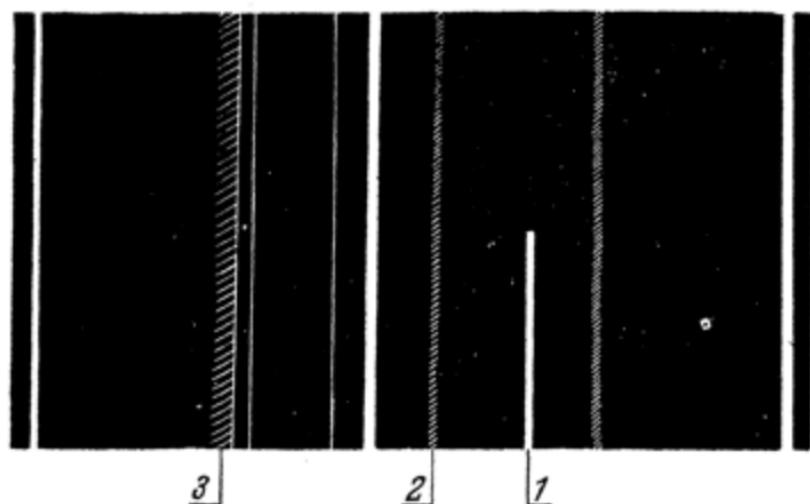


Рис. 109. Группа Be.

Все эти линии изображены на рис. 109. При содержании берилля около 2% линия берилля 1 близка по интенсивности линии меди 2, но несколько слабее её; вместе с тем линия берилля близка по интенсивности линии 3. Нетрудно установить и другие спектроскопические признаки для определения берилля, если имеются образцы с известным содержанием его.

§ 47. Определение кремния

Так же как и в сталях, в цветных сплавах кремний обнаруживают либо по группе Si_1 (рис. 110) в крайней фиолетовой об-

Таблица 59
Линии для определения кремния

Наимено- вание групп	Линии кремния		Линии сравнения железа	
	Длины волн в \AA	Условные обозначе- ния	Длины волн в \AA	Условные обозначе- ния
Si_1	3905,53	1	3903,90	2
			3906,48	3
Si_2	6347,01	1	6408,03	3
			6421,35	4
			6411,66	5
			6393,60	6
			6400,02	7

ласти спектра, либо по группе красных линий Si_2 (рис. 111). Линии группы Si_2 возбуждаются только при искровом режиме дуги переменного тока (см. § 3).

Определения ведутся с железным постоянным электродом.

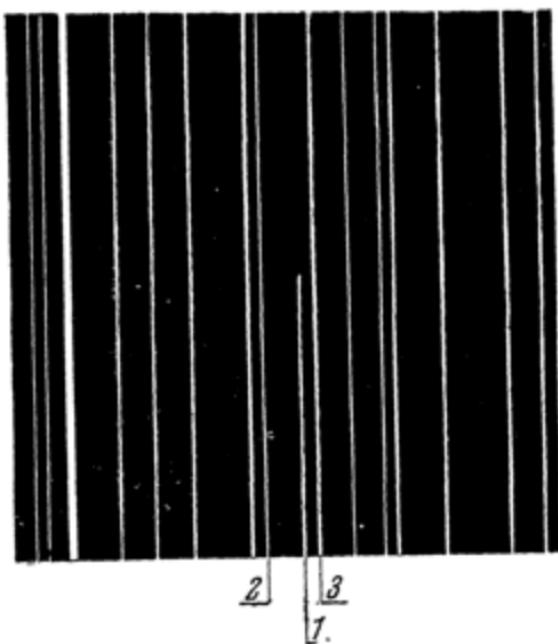


Рис. 110. Группа Si_1 .

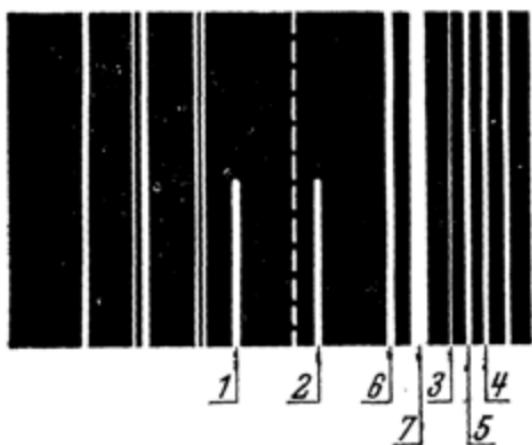


Рис. 111. Группа Si_2 (пунктиром указана линия цинка).

В таблице 59 даны обозначения спектральных линий, в таблице 60 приведены оценки интенсивностей при различных содержаниях кремния.

В кремнистых латунях по красным линиям можно обнаружить кремний и при обычном режиме дуги переменного тока, но с медным постоянным электродом. Линии 1 и 2 хотя и слабы, однако, начиная с концентраций кремния 1%, отчетливо заметны

Таблица 60
Оценки для определения кремния

Наименование групп	Содержание кремния в %	Оценки интенсивностей
Si ₁	0,7	1 < 2
Si ₁	2	1 = 2
Si ₁	3	1 > 2
Si ₂	1	1 ≤ 3
Si ₂	2	1 > 3; 1 ≤ 4
Si ₂	4	1 = 6
Si ₂	5	1 = 7

на фоне яркой линии цинка 6362, 35 Å. Оценить содержание кремния не удается, так как нет линий сравнения. При работе же с железным постоянным электродом линии кремния в дуговом режиме не видны.

ГЛАВА 7

АНАЛИЗ СПЛАВОВ НА АЛЮМИНИЕВОЙ ОСНОВЕ

§ 48. Предварительные сведения

Определения составных частей алюминиевых сплавов следует вести при возбуждении спектров дугой переменного тока. Дуга постоянного тока между алюминиевыми электродами часто гаснет и при соприкосновении электродов обычно не зажигается, если последние не очищены от непроводящих ток окислов. Трудности при работе с дугой постоянного тока столь велики, что раньше предпочитали вести сортировку алюминиевых сплавов только в искре [1, 54, 58].

Приведенные ниже спектроскопические признаки установлены при возбуждении спектра только дугой переменного тока. Чтобы предотвратить быстрое образование слоев окислов на электродах, затрудняющих горение дуги, ток её лучше брать небольшой: 2,5—3 а. Для более спокойного горения дуги не следует устанавливать большие межэлектродные промежутки, наиболее целесообразная величина их 1—2 мм.

В видимой области спектра содержится очень мало линий алюминия. Это обстоятельство вынуждает иногда применять железные постоянные электроды. В таких же случаях как определение малых содержаний меди, обычно присутствующей в железных электродах, в качестве «линий» сравнения берутся канты молекулярного спектра окиси алюминия.

§ 49. Определение магния

Присутствие магния в сплаве устанавливают по появлению зелёных линий 5183,62; 5172,70 и 5167,34 Å (рис. 112). Для качественных оценок содержания магния дугу зажигают с железными стандартными электродами, которые должны быть предварительно проверены на отсутствие линии магния 5183,62 Å. Определения следует производить через 20—30 сек. после зажигания дуги.

В таблицах 61 и 62 приведены условные обозначения спектральных линий и оценки интенсивностей при различных содержаниях магния.

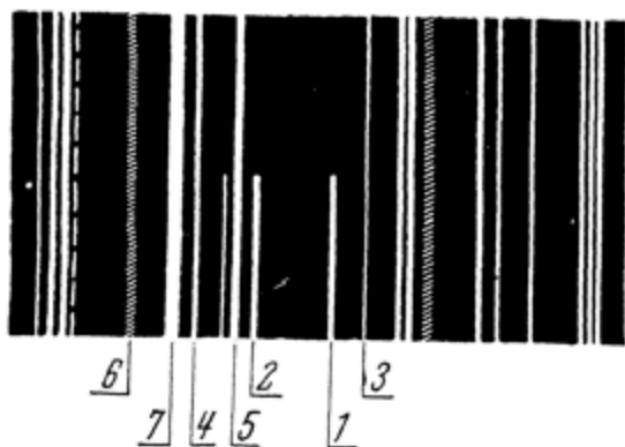


Рис. 112. Группа Mg (пунктиром указана линия меди).

Таблица 61

Линии для определения магния

Линии магния		Линии сравнения железа	
Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
5183,62	1	5187,9	3
5172,70	2	5168,90	4
		5171,69	5
		5159,05	6
		5167,49	7

Таблица 62

Оценки для определения магния

Содержание магния в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
0,01	$1 \leq 4; 1 \geq 3$; линия 2 не видна
0,05	$1 = 4$; линия 2 видна при редких вспышках
0,08	$1 = 6$; линия 2 видна при частых вспышках, $2 \leq 4$
0,1	$1 = 5; 2 = 4$
0,2	$2 = 5$
0,5	$2 > 5; 1 \leq 7$
1,0	$1 = 7$
2,0	$2 = 7$

§ 50. Определение меди

Присутствие меди обнаруживают по зелёным линиям 5105,54; 5153,23 и 5218,20 Å в группах Cu_1 и Cu_2 (рис. 113 и 114). Количественные оценки содержания меди можно производить, сравнивая линии меди с линиями железа или с кантами молекулярного спектра окиси алюминия.

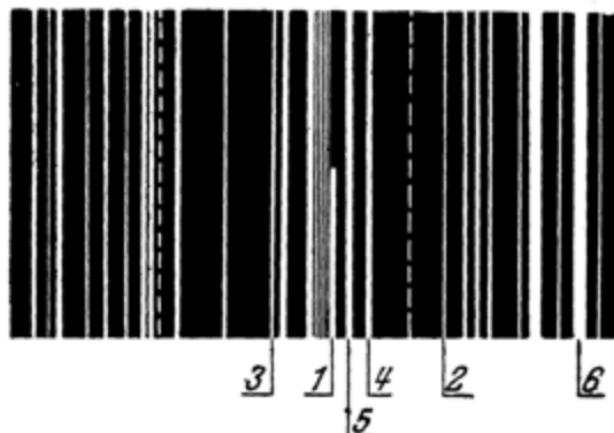


Рис. 113. Группа Cu_1 (пунктиром указаны линии никеля).

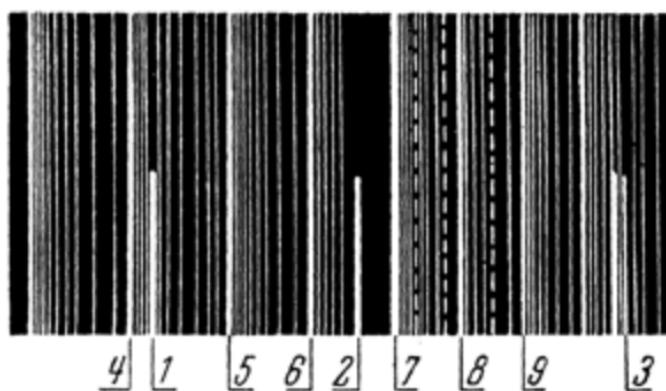


Рис. 114. Группа Cu_2 (пунктиром указаны линии магния).

Значительные содержания меди удобнее определять в группе Cu_3 по линии 5292,52 Å, употребляя железный постоянный электрод. Схема расположения спектральных линий в этой группе изображена на рис. 115.

Для определения малых содержаний меди необходимо иметь железные электроды, в наименьшей степени загрязнённые медью. В частности, требуется, чтобы в спектре железных электродов ли-

ния меди 5105,54 Å была равноинтенсивна или слабее линии железа 5121,6 Å. В этом случае определение меди можно производить по группе Cu₁. Оценивать интенсивности спектральных линий необходимо через 20—30 сек. после зажигания дуги.

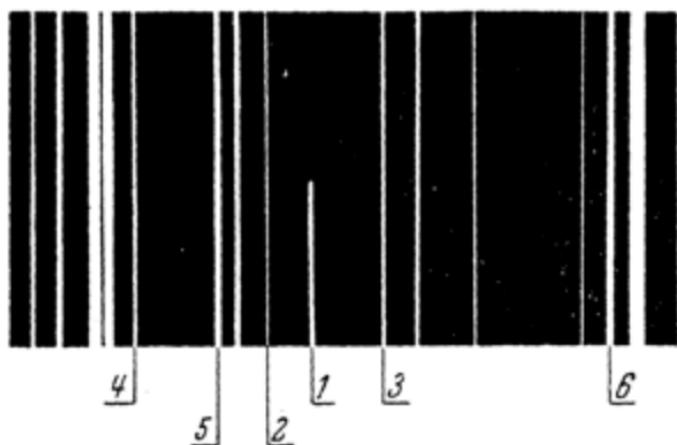


Рис. 115. Группа Cu₃.

Таблица 63
Линии для определения меди

Наимено- вание групп	Линии меди		Линии сравнения	
	Длины волн в Å	Условные обозначе- ния	Длины волн в Å	Условные обозначе- ния
Cu ₁	5105,54	1	5121,6	2
			5096,99	3
			5110,41	4
			5107,45	5
			5142,54	6
Cu ₂	5105,54	1	5102 (AlO)	4
Cu ₂	5153,23	2	5123 (AlO)	5
Cu ₂	5220,07	3	5143 (AlO)	6
			5161 (AlO)	7
			5177 (AlO)	8
			5192 (AlO)	9
			5287,92	2
Cu ₃	5292,52	1	5302,31	3
			5273,17	4
			5281,79	5
			5324,18	6

В таблицах 63 и 64 приведены условные обозначения выбранных для анализа линий и оценки интенсивностей для определения меди.

Если не имеется железных электродов с малым содержанием меди, то определения необходимо производить по группе Cu_2 с постоянным электродом из чистого алюминия, содержащего медь в количестве не выше 0,03%. В этом случае линии меди сравниваются с кантами молекулярного спектра AlO ^[15]. На рис. 114 представлена схема расположения спектральных линий для этого случая.

Таблица 64

Оценки для определения меди

Наимено- вание группы	Содержа- ние меди в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	Примечание
Cu_1	0,05	$1 \geq 2$	Электрод же- лезный
Cu_1	0,1	$1 = 3$	
Cu_1	0,2	$1 = 4$	
Cu_1	0,5	$1 = 5$	
Cu_1	1,0	$1 > 5$	
Cu_1	4	$1 = 6$	
Cu_2	0,05	$1 \leq 9$; линия 2 не вид- на на фоне молеку- лярного спектра	Электрод алю- миниевый
Cu_2	0,1	$1 = 8$; линия 2 замет- но выделяется на фоне молекулярно- го спектра	
Cu_2	0,2	$1 \geq 6$; $2 \leq 8$	
Cu_2	0,5	$2 = 7$	
Cu_2	1,0	$3 = 9$	
Cu_2	1,5	$2 > 4$; $3 = 7$	
Cu_2	2,5	$3 = 6$	
Cu_2	3,5	$3 = 4$	
Cu_2	5	$3 > 4$	
Cu_2	1	$1 = 2$	Электрод же- лезный
Cu_3	2	$1 > 2$; $1 \leq 3$	
Cu_3	4	$1 \leq 3$; $1 \leq 4$	
Cu_3	6	$1 = 4$	
Cu_3	10	$1 = 3$	
Cu_3	Свыше 15%	$1 > 3$	

В группе Cu_3 линия меди 1 плавно меняет свою интенсивность; особенно это заметно в первые моменты горения дуги при содержаниях меди менее 2%. В первые секунды после зажигания дуги линия 5292,52 Å даже по временам исчезает вовсе, поэтому наблюдения следует начинать после 20—30 сек. горения дуги.

§ 51. Определение марганца

Присутствие марганца обнаруживают по линии 4823,52 Å (рис. 116). Количественные определения производят с железным стандартным электродом, в котором содержание марганца не превышает 0,3%.

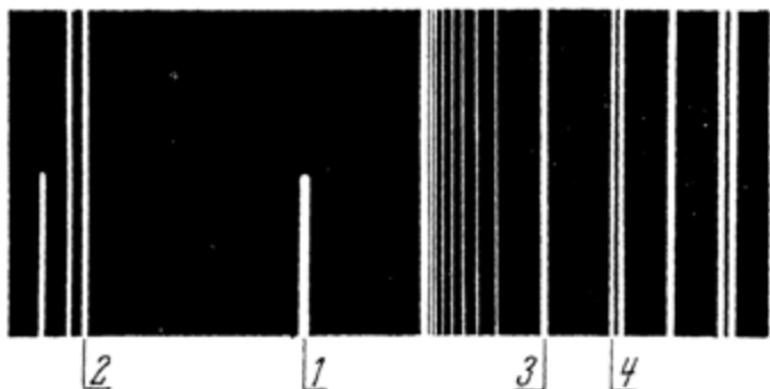


Рис. 116. Группа Mn.

В таблицах 65 и 66 приведены условные обозначения спектральных линий и оценки для определения марганца.

Таблица 65
Линии для определения марганца

Линии марганца		Линии сравнения железа	
Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
4823,52	1	4789,65 4859,75 4871,32	2 3 4

Таблица 66
Оценки для определения марганца

Содержание марганца в %	Оценки интенсивности спектральных линий
0,2	$1 > 2; 1 \leq 3$
0,5	$1 = 3$
1,0	$1 \geq 3; 1 \leq 4$
2,0	$1 = 4$

§ 52. Определение железа

Железо определяют с медным постоянным электродом. Присутствие железа в малых концентрациях (менее 0,1%) можно обнаруживать по линиям 4383,55 Å и 4404,75 Å, таким же образом, как в сплавах на медной основе (рис. 101). Количественные оценки содержания железа лучше производить по линиям 5269,54 Å и 5227,19 Å (рис. 117).

В таблицах 67 и 68 приведены обозначения спектральных линий и оценки интенсивностей при различных содержаниях железа.

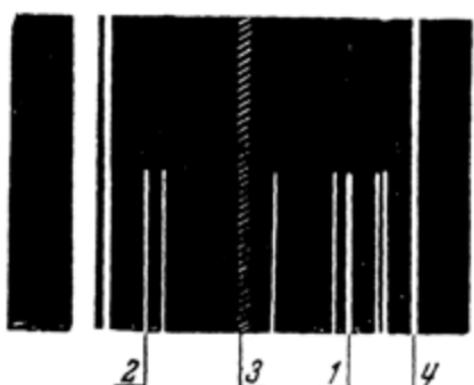


Рис. 117. Группа Fe.

Таблица 67

Линии для определения железа

Линии железа		Линии сравнения меди	
Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
5269,54	1	5245,36	3
5227,19	2	5292,52	4

Таблица 68

Оценки для определения железа

Содержание железа в %	Оценки интенсивностей спектральных линний
0,2	1 = 3. Линия 2 не видна на фоне молекулярного спектра
0,3	1 ≥ 3; 2 < 3
0,5	1 > 3; 2 ≤ 3
0,7	2 = 3;
1,0	2 ≥ 3; 1 ≤ 4;
2,0	2 > 3; 1 ≤ 4

§ 53. Определение кремния и цинка

При возбуждении спектра обычной дугой переменного тока кремний можно обнаружить по фиолетовой линии $3905,53 \text{ \AA}$ в группе Si_1 (рис. 118). При этом применяется железный стандартный электрод, содержание кремния в котором не превышает $0,15\%$.

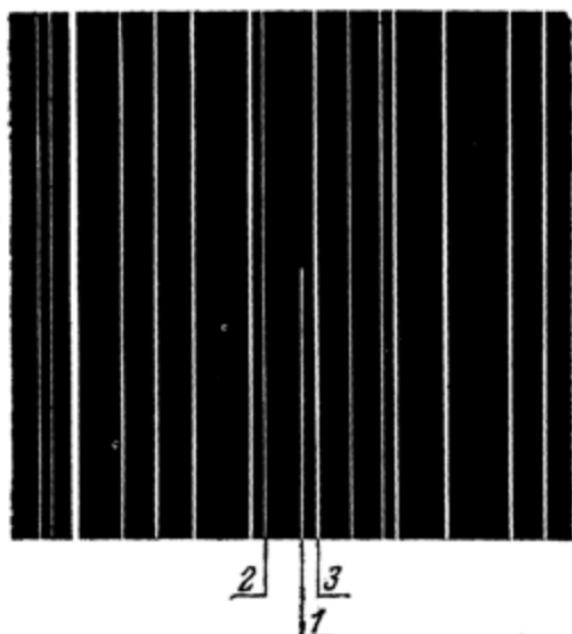


Рис. 118. Группа Si_1 .



Рис. 119. Группа Si_2 .

Удобнее производить определение кремния по группе Si_2 (рис. 119), возбуждая спектр дугой переменного тока при искровом режиме (см. § 3).

В таблицах 69 и 70 приведены условные обозначения спектральных линий и оценки интенсивностей их при различном содержании кремния.

Таблица 69
Линии для определения кремния

Наименование групп	Линии кремния		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
Si ₁	3905,53	1	3902,95 3903,90 3906,48	2 3 4
Si ₂	6347,01 6371,09	1 2	6408,03 6421,35 6411,66 6393,60 6400,02 6243,36 Al	3 4 5 6 7 8

Таблица 70
Оценки для определения кремния

Наименование групп	Содержание кремния в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Si ₁	1	1 = 3
Si ₁	2—3	1 > 3; 1 < 4
Si ₁	7	1 = 4
Si ₁	12—15	1 > 4; 1 = 2
Si ₁	20	1 > 2
Si ₁	30	1 ≈ 2
Si ₂	0,15—0,20	Линия 1 едва видна, появляется по временам; 1 ≈ 3; линия 2 не видна
Si ₂	0,2—0,3	Линия 1 видна, интенсивность её устойчива, 1 < 3; линия 2 едва видна
Si ₂	0,4—0,5	1 = 3
Si ₂	0,7	1 = 4; 2 ≈ 3
Si ₂	1,0	1 = 5; 2 ≈ 4
Si ₂	1,3	1 = 6; 2 = 4
Si ₂	1,7	1 ≈ 7; 2 ≈ 6
Si ₂	2—2,5	1 ≈ 7; 2 = 6
Si ₂	4,0—4,5	1 = 7; 2 ≈ 6
Si ₂	6—7	1 = 8
Si ₂	8—10	1 = 8; 2 = 7
Si ₂	15	1 ≈ 8; 2 > 7
Si ₂	20	2 = 8

Попутно с определением кремния при тех же самых условиях в группе Si₂ можно определить цинк по линии 6362,35 Å, которая на рис. 119 нанесена пунктиром и помечена цифрой 9. В таблице 71 приведены оценки интенсивностей для различных содержаний цинка.

Таблица 71

Оценки для определения цинка

Содержание цинка в %	Оценка интенсивностей спектральных линий
0,1	Линия 9 не видна
0,4—0,8	9 = 4
1—1,5	9 = 6
3	9 = 7

Небольшие содержания цинка лучше обнаруживать по линиям: 4810,53 Å; 4772,16 Å и 4680,14 Å (рис. 95).

При обычном режиме дуги с железным электродом при концентрациях цинка не менее 0,08—0,1% при содержании цинка 0,4—0,8% имеем: Zn 4680,14 = Fe 4678,85.

§ 54. Сортировка алюминиевых и магниевых сплавов^[108]

Большинство наиболее распространённых алюминиевых и магниевых сплавов можно сортировать посредством стилоскопа, пользуясь весьма простым критерием присутствия или отсутствия линий характерных элементов с очень грубой оценкой интенсивности.

В таблице 72 приведён химический состав сортируемых сплавов.

Таблица 72

Химический состав наиболее распространённых лёгких сплавов (в %)
Алюминиевые сплавы ГОСТ 2685-44

Наименование марок	Основные составляющие *)				Прочие составляющие
	Si	Cu	Mg		
Ал 2	10,0—13,0	—	—	—	Mn
Ал 4	8,0—10,5	—	0,17—0,30	0,2—0,5	—
Ал 5	4,5—5,5	1,0—1,5	0,35—0,60	—	—
Ал 7	—	4,0—5,0	—	—	—
Ал 8	—	—	9,5—11,5	—	—
Ал 9	6,0—8,0	—	0,2—0,4	—	—
Ал 10	4,0—6,0	5,0—8,0	0,2—0,5	—	Zn
Ал 11	6,0—9,0	—	—	—	10,0—14,0

Продолжение

Наименование марок	Примесей не более						
	Fe	Si	Zn	Mn	Cu	Mg	Прочие примеси
Ал 2	0,8—1,5	—	0,3	0,5	0,8	—	—
Ал 4	0,6—1,0	—	0,3	—	0,3	—	Ti — 0,15
Ал 5	0,7—1,0	—	0,3	0,5	—	—	Ti + Cr — 0,20
Ал 7	1,0	1,2	0,3	—	—	—	—
Ал 8	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,03	{ Be — 0,07
Ал 9	0,6—1,5	—	0,3	0,5	0,2	—	Te — 0,07
Ал 10	1,0	—	0,5	0,5	—	—	Ni — 0,5
Ал 11	0,8—1,5	—	—	0,5	0,6	0,2	—

Дюралюмин — 220 АМТУ

	Cu	Mg	Mn	Ni	Fe	Si	Cr	Прочие примеси
Ак 2	3,5—4,5	0,4—0,8	до 0,2	1,8—2,3	0,5—1,0	0,5—1,0	—	Zn до 0,3
Ак 4	1,9—2,5	1,4—1,8	до 0,2	1,0—1,5	1,1—1,6	0,5—1,2	—	—
Ак 5	0,2—0,6	0,5—0,8	0,15—0,35	до 0,1	до 0,8	0,7—1,2	до 0,2	—
Ак 6	1,8—2,6	0,5—0,8	0,4—0,8	до 0,5	до 0,8	0,7—1,2	до 0,2	—
Ак 8	3,9—4,8	0,4—0,8	0,4—1,0	до 1,5	до 0,8	0,6—1,2	—	—
D 16								прочие примеси
B 327	3,6—4,7	1,25—1,75	0,3—0,9	0,10	0,8	0,8	—	до 0,1
СМТУ								

Магниевые сплавы — ГОСТ 2856-45

	Основные составляющие *)		
	Al	Zn	Mn
Мл 4	5—7	2—3	0,15—0,5
Мл 5	7,5—9,3	0,2—0,8	0,15—0,5
Мл 6	9—11	до 2,0	0,10—0,5

Спектры возбуждаются дугой переменного тока при силе тока 2—4 а в межэлектродном промежутке 1,5—3 мм. Для алюминиевых сплавов берётся постоянный электрод из чистого алюминия, никель определяют с электродом из железа Армко; для магниевых сплавов берут электрод из чистого магния или электролитической меди. При анализе небольших проб и магниевых сплавов необходимо применять дугу с прерывателем.

*) Остальное магний. Si не более 0,25%, Cu не более 0,15%, Fe не более 0,15%.

В таблице 73 приведён перечень спектральных линий, наблюдавшихся при сортировке.

Таблица 73

Спектральные линии, используемые для сортировки алюминиевых и магниевых сплавов

Элементы	Длины волн спектральных линий в Å	Оценки содержания
Медь	5105,54 5153,23 5218,20 5292,52 5700,24 5782,13	При 0,13—0,15% отчётливо заметны линии 5105, 5153, 5218, 5292 и 5782 При 1,5—2,5% хорошо заметна линия 5700 При 4—5% линии 5100, 5153, 5218 очень интенсивны
Магний	5167,34 5172,70 5183,62 5528,46 5711,11	При 0,07—0,1% еле заметна тройка линий 5167, 5172, 5183; при 0,2—0,3% эти линии заметны отчётливо, но они слабы; при 1,5—2,0% линии интенсивны; при 6—10% линии очень интенсивны
Марганец	4754,04 4761,53 4766,43 4783,42 4823,52	
Никель	5476,91 4980,16 4984,13 5017,59 5035,37 5082,35 5081,11	При 1,5—2,0% хорошо заметны линии 4980, 4984, 5017 и 5035; при меньших содержаниях никеля эти линии не выделяются на фоне спектра.
Железо	4383,55 4404,75 4415,12	
Кремний *)	3905,53	При 0,8—1,0 линия едва заметна; при 5% видна хорошо; при 10% линия интенсивна
Алюминий	3961,53 3944,03	
Цинк	4680,14 4722,16 4810,53	

*) При наблюдении линии кремния необходимо увеличить ток дуги до 10 а. Если генератор дуги переменного тока может быть переключён на искровой режим, то кремний следует определять по красным искровым линиям, как указано в предыдущем параграфе.

При сортировке лёгких сплавов сначала определяют кремний, так как он требует силы тока 10 а или переключения генератора на искровой режим; если кремний присутствует в значительном количестве, то сплав относят к кремнистым. Далее, уменьшив силу тока дуги, определяют остальные элементы. Если кремния нет, но обнаружены медь, магний и марганец, то сплав относят к дюралюмину; если же обнаружено много магния в присутствии марганца и цинка, то сплав принадлежит к магниевой группе (присутствие алюминия проверяется с магниевым или железным электродом).

В таблице 74 даны спектральные признаки сплавов, где присутствие линий отмечено знаком плюс; двумя плюсами отмечены яркие линии, тремя плюсами — очень яркие линии и знаком минус — отсутствующие или очень слабо вспыхивающие линии.

Таблица 74

Спектроскопические признаки для сортировки лёгких сплавов

Наименование марок	Линии элементов						
	Si	Mg	Cu	Ni	Mn	Al	Zn
I группа. Алюминиевые сплавы							
Алюминий	—	—	—	—	—	++	—
АЛ2	++	—	—	—	—	++	—
АЛ4	++	+	—	—	+	++	—
АЛ5	+	+	+	—	—	++	—
АЛ7	—	—	++	—	—	++	—
АЛ8	—	++	—	—	—	++	—
АЛ9	+	—	—	—	—	++	—
АЛ10	++	+	+++	—	—	++	—
АЛ11	+	—	—	—	—	++	—
II группа. Дюралюмины							
АК2	—	+	++	+	—	+++	—
АК4	—	++	+	+	—	+++	—
АК5	—	+	+	—	+	+++	—
АК6	—	+	+	—	+	+++	—
АК8	—	+	++	—	+	+++	—
Д16	—	++	++	—	+	+++	—
III группа. Магниевые сплавы							
Магний	—	++	—	—	—	—	—
МА4	—	++	—	—	+	+	++
МА5	—	++	—	—	+	+	++
МА6	—	++	—	—	+	++	++

§ 55. Анализ алюминиевых сплавов с применением медного электрода

В некоторых случаях представляет интерес производить анализ алюминиевых сплавов, применяя медный электрод. С медным электродом можно сортировать алюминиевые сплавы, пользуясь спектроскопом малой дисперсии. Кроме того, с медным электродом можно, в обычном режиме дуги переменного тока, обнаруживать кремний, начиная с концентрации 1%, по искровым спектральным линиям. Спектр возбуждается дугой переменного тока, межэлектродный промежуток около 2 мм, ток дуги 3—4 а.

В таблице 75 приведены спектроскопические признаки для определения кремния, никеля, железа, марганца и магния.

Таблица 75

Оценки для анализа алюминиевых сплавов

Определяемый элемент	Содержание в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Кремний . . .	0,5—1	Si 6347,01 ≦ Cu 6325,45
	5	Si 6347,01 ≧ Cu 6325,45
	8—10	Si 6347,01 > Cu 6325,45
	5	Si 5041,03 ≪ Cu 5034,3
	8—10	Si 5041,03 = Cu 5034,3
Никель . . .	2	Ni 5476,91 ≦ Cu 5463
Железо . . .	0,1	Fe 4383,55 < Cu 4415,60
	0,3	Fe 4383,55 = Cu 4415,60
	0,8	Fe 4383,55 = Cu 4378,20
	1,2	{ Fe 4383,55 > Cu 4378,20 Fe 4415,12 ≦ Cu 4415,60
		Mn 4754,04 ≦ Cu 4697,49
Марганец . . .	0,1	Mn 4754,04 = Cu 4697,49
	0,3	Mn 4754,04 = Cu 4704,60
	0,6	Mn 4709,71 = Cu 4697,49
	0,8	Mn 4502,22 = Cu 4513,20
	0,4	Mn 4502,22 = Cu 4507,5
	0,8	Mg 5183,62 > Cu 5200,87
Магний . . .	0,1	Mg 5183,62 = Cu 5220,07
	0,3	Mg 5167,34 = Cu 5183,36
	1	Mg 5183,62 = Cu 5153,23
	3	

ГЛАВА 8

ПРОЧИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТИЛОСКОПА

§ 56. Анализ сплавов на цинковой основе

Анализ сплавов на цинковой основе можно производить как с дугой постоянного тока, так и с дугой переменного тока, но изложенные ниже спектроскопические признаки получены с последней и в дуге постоянного тока не проверялись. Условия работы в общем такие же, как и при анализе алюминиевых спла-

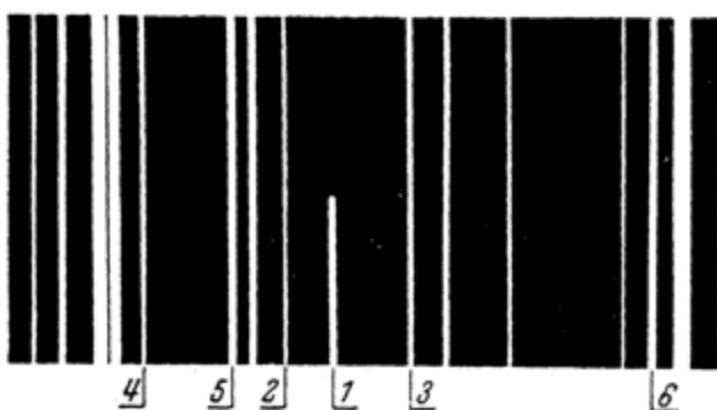


Рис. 120. Группа Cu.

вов, только силу тока дуги необходимо увеличивать, особенно при наблюдениях в фиолетовой области спектра (до 4—5 а), хотя для остальных случаев можно довольствоваться силой тока 3—4 а. Определения производят с железным электродом. Давать оценки интенсивности следует через 20—30 сек. после зажигания дуги.

При определении свинца необходимо предварительно контролировать железные электроды на отсутствие линии 4057,82 Å.

В таблице 76 даны обозначения выбранных для анализа спектральных линий. Схемы соответствующих областей спектра изображены на рис. 120—122.



Рис. 121. Группа Pb.

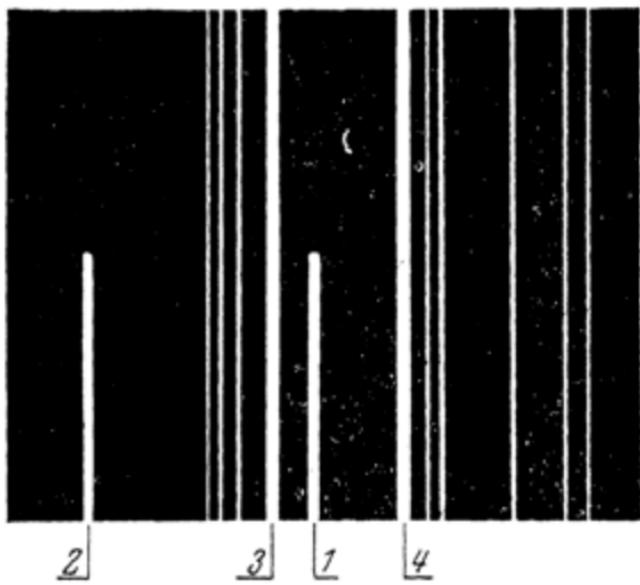


Рис. 122. Группа Al.

В таблице 77 приведены оценки интенсивностей спектральных линий при различных содержаниях меди, свинца и алюминия.

Таблица 76
Линии для анализа цинковых сплавов

Наименование определяемых элементов	Линии определяемых элементов		Линии сравнения железа	
	Длины волн в Å	Условные обозначения	Длины волн в Å	Условные обозначения
Медь	5292,52	1	5287,92	2
			5302,31	3
			5273,17	4
			5281,80	5
			5324,18	6
Свинец	4057,82	1	4062,44	2
			4005,25	3
			4063,60	4
Алюминий . .	3961,53	1	3956,68	3
			3969,26	4

Таблица 77
Оценки для анализа цинковых сплавов

Наименование определяемых элементов	Содержание в %	Оценки интенсивностей спектральных линий	Наименование определяемых элементов	Содержание в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Медь	1	$1 > 2; 1 \leq 4$	Алюминий	1,5	$1 \geq 4$
	2	$1 = 5$		2,0	$1 > 4$
	4	$1 = 3$		0,5	$1 = 3$
	6—8	$1 > 3; 1 < 6$		1	$1 \leq 4$
	0,2	$1 = 2$		2	$1 = 4$
	0,5	$1 = 3$		5	$2 = 4$
	0,8	$1 > 3; 1 \leq 4$		8	$2 \geq 4$
	1,0	$1 = 4$		10—12	$2 > 4$

Иногда в цинковых сплавах или в цинке необходимо обнаруживать небольшие содержания кадмия и свинца. Эти определения необходимо производить с медным стандартным электродом (с медным электродом обычно лучше удаются определения высокой чувствительности).

В таблице 78 приведены спектроскопические признаки для определения названных элементов.

Таблица 78

Оценки для определения кадмия и свинца в цинковых сплавах (электрод медный)

Определяемый элемент	Содержание в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Кадмий . . .	0,002—0,005	Cd 5085,82 = Cu 5076,17
" . . .	0,01	{ Cd 5085,82 < Cu 5105,54 { Cd 5085,82 > Cu 5105,54
" . . .	0,1	{ Cd 5085,82 ≤ Cu 5105,54 { Cd 4678,16 ≤ Cu 4704,60
" . . .	1	{ Cd 5085,82 = Cu 5105,54 { Cd 4678,16 ≥ Cu 4704,60
Свинец . . .	0,01	Pb 4057,82 = Cu 4062,70
" . . .	0,05	Pb 4057,82 ≥ Cu 4062,70
" . . .	0,1	Pb 5005,43 = Cu 5034
" . . .	0,5	Pb 4168,04 = Cu 4177,76

Следует отметить, что цинк интенсивно горит в дуге, образуя большое количество паров. При работе с цинковыми сплавами необходимо хорошо вентилировать помещение.

§ 57. Сортировка железо-никель-алюминиевых магнитных сплавов

С помощью стилоскопа можно сортировать железо-никель-алюминиевые сплавы; известны спектроскопические признаки для ряда сплавов, химический состав которых приведён в таблице 79^[86].

Таблица 79

Химический состав магнитных сплавов

Наименование сплавов	Химический состав в %					
	Алюминий	Никель	Кобальт	Медь	Кремний	Железо
Магнико	8	13,5	24	3	—	51,5
Альнико	10	17	12	6	—	55
Альни	16	24	—	4	—	56
Альниси	12	32	—	—	1	55

Для сортировки достаточно оценить содержание никеля, кобальта и меди. Определения производятся в дуге переменного тока с постоянным электродом из железа Армко. Железные электроды затачиваются на слегка притуплённое остриё, на образцах

зачищается плоская площадка. Межэлектродный промежуток устанавливается величиной в 2 мм. Сила тока дуги $4,5 \pm 0,5$ а.

У рассматриваемых сплавов очень своеобразный характер процессов обжига. У сплава магнико спектр остаётся стабильным в течение 6—8 мин. горения дуги, после чего наблюдается небольшое ослабление линий всех элементов по сравнению с линиями железа. У сплава альнико ослабление линий протекает значительно быстрее: через 3—5 мин. горения дуги уже заметно ослабевает спектр примесей. У сплава альниси этот процесс протекает очень резко: первые 15 сек. после зажигания дуги интенсивность линий никеля нарастает, после чего в течение 45—60 сек. остаётся постоянной, а затем происходит резкий спад интенсивности. У сплава альни период относительной стабильности спектра продолжается только 30—45 сек.

Эти процессы, повидимому, обусловлены различным содержанием алюминия (8, 10, 12, 16%), образующего пленку окислов на исследуемом образце.

Наблюдения следует начинать через 15 сек. после зажигания дуги и производить их в течение 30—45 сек.

В таблице 80 приведены спектроскопические признаки, характеризующие каждый сплав. Оценки линий меди, интенсивность которых колеблется, даются по максимальным значениям.

Таблица 80

Оценка для сортировки магнитных сплавов

Наименование сплава	Спектроскопические признаки
Магнико	Ni 4714,42 \geq Fe 4704,96 Co 4693,21 \leq Fe 4691,41 Cu 4651,13 $<$ Fe 4647,44
Альнико	Ni 4714,42 = Fe 4736,78 Co 4792,86 \leq Fe 4691,41; линия Co едва заметна Co 4663,41 и Co 4867,88; хорошо заметны Cu 4651,13 \geq Fe 4654,62
Альни	Ni 4714,42 $>$ Fe 4736,78 Ni 4715,78 { \geq Fe 4710,29 $<$ Fe 4707,28 Отсутствуют линии кобальта. Cu 4651,13 \leq Fe 4647,44
Альниси	Ni 4714,42 \geq Fe 4736,78 Ni 4715,78 = Fe 4704,96 Отсутствуют линии кобальта. Отсутствует линия Cu 4651,13.

§ 58. Сортировка некоторых сплавов никеля^[89]

С помощью стилоскопа можно быстро сортировать сплавы никеля, применяющиеся в электровакуумной промышленности. Химический состав этих сплавов приведён в таблице 81.

Таблица 81

Химический состав никелевых сплавов

Группы сплавов и их характеристики	Название сплава	Химический состав в %					
		Никель	Железо	Медь	Марганец	Хром	Кобальт
I. Сплавы, содержащие медь	Монель-металл . .	68—70	1	25—35	~3	—	—
	Константан	40—43	0,2—0,5	57—59	0,4—0,6	—	—
	Манганин . .	4	—	84	12	—	—
II. Сплавы никеля и хрома	Нихром А . .	80	Следы	—	—	20	—
	Нихром Б . .	77	2—3	—	2	20	—
III. Сплавы никеля, кобальта и железа	Конель . .	70—72	7—8	—	—	—	18—19
	Конель 42В	46	7	—	—	18,7	24,9
	Инвар . .	36	64	—	—	—	—
IV. Железо-никелевые сплавы	Платинит . .	14—41	56—59	—	—	—	—
	Фригидал . .	33	66	—	—	1	—
	Ковар (фернико) . .	29	54	0,2	—	—	17
	Марганцовистый никель . .	96—99	—	—	1,4	—	—

В таблице 82 даны спектроскопические признаки для сортировки этих сплавов, полученные при возбуждении спектров дугой переменного тока с железным дисковым электродом.

При анализе тонкой проволоки необходимо скрутить её в жгут толщиной в несколько миллиметров и включать дугу только на время определения одного элемента. Повидимому, анализ проволоки удобнее производить в дуге с прерывателем, но приводимые здесь признаки получены без него. Сила тока дуги при этом составляла 3—4 а.

Анализ производится в следующем порядке. В первую очередь определяется медь, и если она присутствует, то по никелю и кобальту уточняется сплав первой группы. При отсутствии меди следует определять хром и кобальт; присутствие их указывает на конель 42В; присутствие только кобальта — на конель или ковар, различие между которыми устанавливается по никелю; если присутствует хром без кобальта, то образец причисляется к нихромам; отсутствие хрома и кобальта указывает на сплавы IV и V групп.

Таблица 82

Оценки для сортировки никелевых сплавов

Группы	Сплавы	Оценки интенсивностей				
		Никель по линиям Ni 4648, 66, Fe 4654, 50	Медь по линиям Cu 4651, 13 Ni 4548, 66	Марганец по линиям Mn 6021, 80, Fe 6024, 06	Кобальт по линии Co 4867, 88	Хром по линии Cr 4922, 27
I	Монель-металл . . .	Ni >> Fe	Cu ≤ Ni	Mn > Fe	Со нет	Сг нет
I	Константан . . .	Ni > Fe	Cu > Ni	Mn < Fe	Со нет	Сг нет
I	Манганин . . .	Линии Ni нет (есть Ni 5080, 3)	Линия Cu очень ин- тенсивна	Линия Mn очень ин- тенсивна, линий Fe не видно	Со нет	Сг нет
II	Нихром А . . .	Линия Ni интенсивна	Си нет	Mn нет	Со нет	Сг есть
II	Нихром Б . . .	То же	Си нет	Mn = Fe	Со нет	Сг есть
III	Конель	"	Си нет	Mn нет	Со есть	Сг нет
III	Конель 42В . . .	"	Си нет	Mn нет	Со есть	Сг есть
IV	Ковар	Ni < Fe	Си нет	Mn нет	Со есть	Сг нет
IV	Ивар	Ni < Fe	Си нет	Mn нет	Со есть	Сг нет
IV	Фригидал	Ni < Fe	Си нет	Линия Mn слаба	Со есть	Сг нет
IV	Платинит	Ni > Fe	Си нет	Линия Mn очень слаба или отсут- ствует	Со есть	Сг нет
V	Марганцовистый никель	Линия Ni очень ин- тенсивна	Си нет	Mn > Fe	Со есть	Сг нет

§ 59. Сортировка пермаллоя [109]

Из железо-никелевых сплавов типа пермаллой чаще всего употребляется: 45%-й пермаллой (содержащий 45% никеля) и 78%-й (содержащий 78% никеля). Эти сплавы очень легко отсортировать стилоскопом, оценивая интенсивности линий железа относительно линий никеля.

Анализ производится с медным стандартным электродом. Исследуемые образцы не должны быть тоньше 0,2 мм.

Оценки интенсивностей спектральных линий для названных двух сплавов следующие:

$$\text{у 45%-го пермаллоя} \left\{ \begin{array}{l} \text{Fe 4859, 75} = \text{Ni 4855, 41} \\ \text{Fe 4859, 75} > \text{Ni 4857, 38} \end{array} \right.$$

$$\text{у 78%-го пермаллоя} \left\{ \begin{array}{l} \text{Fe 4859, 75} < \text{Ni 4855, 41} \\ \text{Fe 4859, 75} > \text{Ni 4857, 38} \end{array} \right.$$

§ 60. Сортировка победитов^[14]

Химический состав победитов, имеющих наибольшее практическое применение, приведён в таблице 83.

Таблица 83

Химический состав победитов

Марка	Химический состав в %			
	Вольфрам	Титан	Кобальт	Никель
РЭ-6	94	—	6	—
РЭ-8	92	—	8	—
Рейникс	94	—	—	6
α-5	91,5	2,5	6	—
α-10	88	6	6	—
α-15	86	10	4	—
α-21	76	16	8	—

Изложенные ниже спектроскопические признаки для определения составных частей победитов установлены в дуге переменного тока с постоянным медным электродом при силе тока дуги в 5 а.

В таблице 84 указаны выбранные для анализа спектральные линии и даны оценки интенсивностей для различных содержаний определяемых примесей.

Таблица 84

Оценки для сортировки победитов

Определяемый элемент	Наименование групп	Содержание в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Титан	Ti ₁	2,5	Ti 5064,65 = W 5069,15
	Ti ₁	6	Ti 5064,65 > W 5069,15
	Ti ₂	2,5	Ti 5488,20 < W 5492,32
	Ti ₂	6	Ti 5490,15 < W 5492,32
	Ti ₂	10	Ti 5490,15 = W 5492,32
	Ti ₃	6	Ti 5488,20 = W 5492,32
	Ti ₃	10	Ti 4805,43 = W 4799,92
	Ti ₄	10	Ti 4805,43 > W 4799,92
	Ti ₄	15	Ti 4733,43 = W 4792,82
	Co ₁	6	Ti 4733,43 > W 4792,82
Кобальт	Co ₁	8	Co 5483,34 < W 5492,32
	Co ₂	4	Co 5483,34 = W 5492,32
	Co ₂	6	Co 4813,48 ≈ W 4799,92
	Co ₂	8	Co 4792,86 ≈ W 4799,92
Никель	Co ₂	8	Co 4792,86 = W 4807,37
	Ni	8	Co 4792,86 = W 4799,92
			Ni 5080,52; Ni 5081,11

Анализ следует начинать с определения никеля. Присутствие линии никеля $5080,52 \text{ \AA}$ позволит отнести сплав к марке Рейникс. Линию никеля необходимо наблюдать через 30—40 сек. после зажигания дуги (в начале горения дуги линия никеля очень слаба и иногда исчезает).

Если линия никеля не обнаружена, то необходимо перейти к наблюдению линии титана $5064,65 \text{ \AA}$, присутствие которой укажет на принадлежность образца к титанистым сплавам. Уточнение марки производится по группам $\text{Ti}_1\text{--}\text{Ti}_4$; группа Ti_3 является контрольной и может быть опущена.

При отсутствии линии титана $5064,65 \text{ \AA}$ образец относят к нетитанистым сплавам и устанавливают в нём содержание кобальта по группам Co_1 и Co_2 , определяя тем самым марку сплава.

§ 61. Сортировка стеллитов

Наиболее распространённые стеллиты: кобальтовые, железные и сормайт, могут быть очень просто рассортированы при помощи стилоскопа; для этого достаточно только наблюдать линию кобальта и линии ванадия. Дуга зажигается с железным электродом при обычных условиях.

Стеллит на кобальтовой основе характеризуется очень интенсивной линией кобальта $4867,88 \text{ \AA}$ и отсутствием линий ванадия.

Стеллит на железной основе ВЛЖ характеризуется отсутствием линии кобальта и присутствием линий ванадия $4379,24 \text{ \AA}$ и $4875,48 \text{ \AA}$.

В сормайте отсутствуют линии кобальта и ванадия.

§ 62. Определение серы в водных растворах солей и в каменном угле^[110, 111]

При искровом режиме дуги переменного тока (см. § 3) возбуждаются спектральные линии неметаллов, в том числе и серы.

Определение серы в растворах и порошках производится с помощью врачающегося электрода, описанного выше (см. рис. 45 и 46); верхний электрод медный, сила тока дуги 6 a , сила тока, питающего трансформатор высокочастотного генератора, $0,5\text{--}0,6 \text{ a}$. При этих условиях разряд имеет хорошо выраженный искровой характер, в частности, линия $\text{CuII} 5067 \text{ \AA}$ интенсивнее линии $\text{CuI} 5076 \text{ \AA}$.

В таблице 85 приведены оценки интенсивностей спектральных линий при различных содержаниях серы. Эти оценки установ-

лены по водным растворам сернокислой меди, но сохраняются и для других солей, если не искажаются наложением других линий.

Интенсивность линий серы в первое время горения дуги неустойчива; оценки следует производить через 30 сек. после зажигания дуги.

В таблице 86 приведены оценки для определения серы в порошках углей. Эти оценки получены с образцами чистого угольного порошка при добавлении различных количеств сернокислой меди и проверены на образцах каменных углей с известным содержанием серы.

Таблица 85
Оценки для определения серы в растворах

Содержание серы в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Около 0,001	S 5453,88 ≪ Cu 5463
0,005—0,01	S 5453,88 < Cu 5463
0,01—0,02	S 5453,88 = Cu 5463
0,04—0,05	S 5639,98 = Cu 5633,14
0,06—0,1	S 5646,98 = Cu 5633,14
0,2	S 5509,67 = Cu 5463
0,4	S 5473,63 = Cu 5463
0,8	S 5659,93 = Cu 5633,14

Таблица 86
Оценки для определения серы в угольных порошках

Содержание серы в %	Оценки интенсивностей спектральных линий
Около 0,001	S 5453,88 ≪ Cu 5463
0,1—0,2	S 5453,88 < Cu 5463
0,2—0,6	S 5453,98 = Cu 5463
1,0—3,0	S 5639,98 = Cu 5633,14
4,0—5,5	S 5646,98 = Cu 5633,14
6,0—7,0	S 5639,98 = Cu 5664,47

Чтобы получить спектроскопические признаки для промежуточных концентраций, в порошок можно ввести соль какого-либо металла, имеющего подходящие спектральные линии сравнения вблизи линий серы.

В частности, введя в порошок раствор $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и сравнивая линии серы с линиями молибдена, мы получаем не-

сколько новых признаков. Изменяя интенсивность линий молибдена путём изменения количества добавляемого к порошку раствора $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, можно ещё больше увеличить число спектроскопических признаков определения серы. Полученные таким образом оценки приведены в таблице 87.

Таблица 87

Оценки для определения серы в углях при введении молибдена

Содержание серы в %	Концентрация молибдена в %	Соотношения интенсивностей спектральных линий
0,02	1,0	S 5453,88 = Mo 5448,82
0,08	2,0	S 5453,88 = Mo 5448,82
0,1—0,2	6,0	S 5453,88 = Mo 5448,82
0,4	8,0	S 5453,88 > Mo 5448,82
0,4	8,0	S 5428,69 < Mo 5448,82
0,4	0,2	S 5639,98 = Mo 5632,47
0,6	4,0	S 5428,69 = Mo 5448,82
0,6	0,4	S 5639,98 = Mo 5632,47
1,0	1,0	S 5646,98 = Mo 5632,47
2,0	2,0	S 5646,98 = Mo 5632,47
3,0	2,5	S 5646,98 = Mo 5632,47
4,0	2,5	S 5664,73 = Mo 5650,13
4,0	3,0	S 5646,98 = Mo 5632,47
5,0—6,0	3,2	S 5646,98 = Mo 5632,47
7	3,5	S 5646,98 = Mo 5632,47

Порядок определения серы в угле следующий. Сначала, не добавляя к углю молибдена, устанавливают содержание серы по признакам таблицы 86; далее, если необходимо уточнить оценку, отвешивают на технических весах 1 или 2 г угольного порошка и прибавляют к нему пипеткой требуемое количество раствора молибденовокислого аммония. Целесообразно заранее составить таблицу для определения нужного объёма раствора определённой концентрации, вносимого в порошок после предварительного содержания серы. Теперь уже оценка содержания серы производится с помощью линий молибдена по данным таблицы 87. Если потребуется дальнейшее уточнение оценки, то снова берётся навеска угольного порошка и прибавляется ещё одна порция раствора $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Все операции по подготовке пробы и наблюдению отнимают сравнительно мало времени: при двукратном взвешивании на анализ обычно затрачивается около 5 мин.

В описанном примере применяется полуформальный раствор молибденовокислого аммония. Чтобы сохранять всегда одинаковую консистенцию угольной пасты, на 1 г порошка следует всегда

прибавлять 1 см³ жидкости, поэтому требуемое количество раствора $(\text{NH}_2)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ дополняется до 1 см³ дистиллированной водой.

Наблюдения можно вести сразу после нанесения пасты на нижний электрод. Предварительное высушивание пробы не вносит существенных изменений в оценки интенсивностей.

Описанным способом можно производить не только определения серы, но также и других неметаллов.

§ 63. Методика количественных определений при взятии пробы электро-искровым способом^{[1][2]}

Известно, что в электрических разрядах, применяемых для возбуждения спектров, происходит перенос вещества с одного электрода на другой, называемый обычно эрозионным, или электро-искровым^{[1][3]}. Особенно отчетливо это явление происходит в разряде дуги переменного тока при искровом режиме (в импульсном разряде). Поддерживая постоянные условия разряда, можно довольно точно дозировать по времени количество переносимого на электрод вещества. Перенося испытуемое вещество на какой-либо электрод (например, угольный или медный) и сжигая перенесенную таким образом пробу, можно судить о содержании искомой примеси в исходном образце по длительности свечения спектральных линий этой примеси.

Перенос исследуемого сплава и возбуждение спектра осуществляются одним и тем же генератором дуги переменного тока при разных режимах его. Для предварительного переноса применяется искровой режим, несколько отличный от описанного ранее.

На рис. 123 представлена схема генератора дуги, приспособленного для подобных определений. Здесь 1 — рубильник, включающий установку; 2 — трансформатор мощностью около 40 вт, повышающий напряжение до 3000 в; 3 — искровой разрядник; 4 — конденсатор ёмкостью около 0,01 мкф; 5 — катушка индуктивностью около 10 мкгн; 6 — катушка индуктивностью около 400 мкгн (нормальные катушки, устанавливаемые в генератор дуги РС-9); 7 — блокировочный конденсатор ёмкостью 0,25 мкф; 8 — дополнительный конденсатор ёмкостью 2 мкф; 9 — переключатель для изменения режима генератора; 10 — ключ дополнительного конденсатора; 11 — прерыватель цепи питания трансформатора; 12 и 13 — регулировочные сопротивления; 14 — ключ *).

Для предварительного переноса металла с анализируемого образца на постоянный электрод переключатель 9 устанавливается в положение II и ключом 10 включается ёмкость 8. Верхним

* Начальное изображение России.

*) Этот ключ размыкается только при анализе газов (см. § 65).

электродом является стержень, в описываемом примере медный, с заточенным на остриё концом. Нижним электродом вначале является анализируемый образец, на котором предварительно зачищается небольшая площадка. Межэлектродный промежуток устанавливается величиной 0,5 мм, и разряд поддерживается определённое время, которое выбирается в зависимости от задачи и от параметров электрической цепи (время переноса уменьшается при исследовании сплавов с большим содержанием искомой примеси и

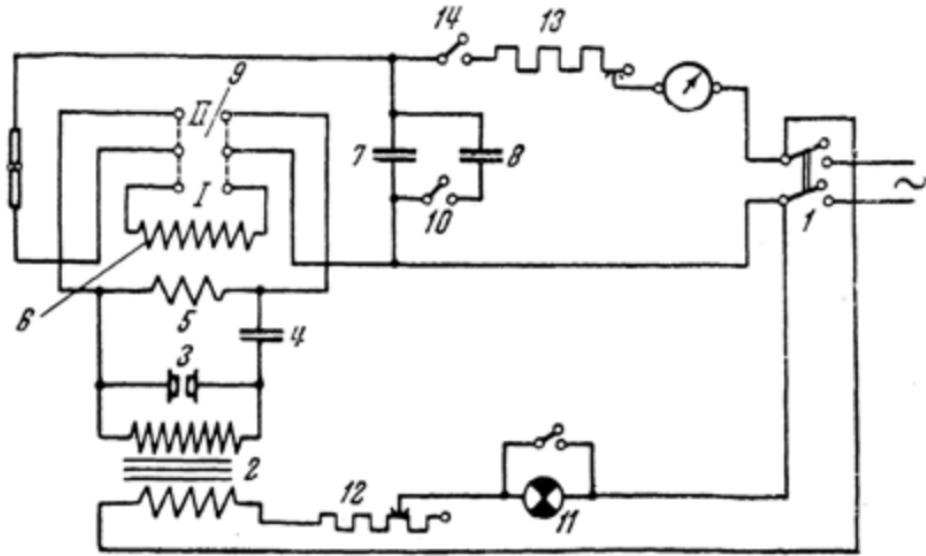


Рис. 123. Схема генератора дуги, приспособленного для электро-искрового переноса пробы.

при увеличении ёмкости конденсатора 8); в описываемом приеме время переноса составляет 30 сек. В результате на кончике верхнего электрода образуется налёт металла, перенесённого с испытуемого образца. В дальнейшем этот налёт сжигается в дуге, для чего образец, служивший нижним электродом, заменяется медным бруском, межэлектродный промежуток увеличивается до 2 мм и генератор переводится на дуговой режим установкой переключателя 9 в положение I; дополнительная ёмкость 8 при этом отключается. Сила тока дуги составляет 3—4 а. В процессе горения дуги аналитическая линия постепенно ослаивается и исчезает. С помощью секундомера устанавливают время свечения линии с момента зажигания дуги. Это время является величиной, характеризующей содержание искомой примеси.

Если заранее, по образцам с известным химическим составом, установить зависимость между содержанием искомой примеси и длительностью свечения её спектральной линии, то с помощью этой зависимости можно производить определения интересующего

нас элемента по длительности свечения выбранной спектральной линии.

Указанную зависимость проще всего изобразить в виде градуировочного графика, по абсциссе которого откладываются концентрации определяемого элемента, а по ординате — время свечения линий в секундах. На рис. 124 представлены такие графики

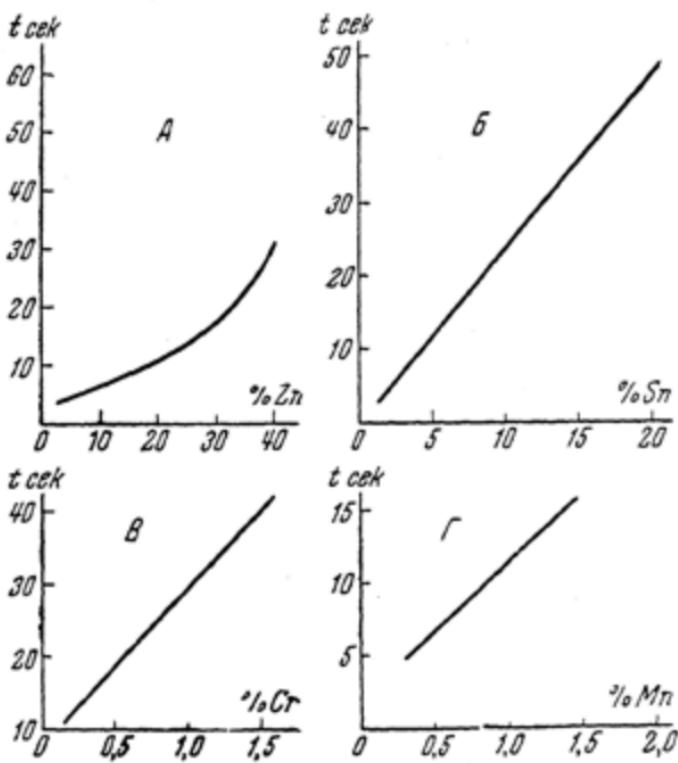


Рис. 124. Градуировочные графики для определения цинка и олова в медных сплавах и хрома и марганца в сталях. А — цинк в латуниях по линии 6362,35 Å, Б — олово в латуниях и бронзах по линии 4524,7 Å, В — хром в сталях по линии 5208,4 Å, Г — марганец в сталях по линии 4823,5 Å.

для определения: цинка в латуни по линии Zn 6362,35 Å, олова в латуниях и бронзах по линии Sn 4524,74 Å, хрома и марганца в сталях по линиям Cr 5208,44 Å и Mn 4823,5 Å.

Подобным образом могут быть построены графики для определения других элементов.

При наблюдениях за спектральной линией не всегда можно отчетливо заметить момент её полного исчезновения, иногда этому предшествуют вспышки и мерцание линии. Особенно это характерно для линии цинка в медных сплавах. В таких случаях лучше

наблюдать спектр в дуге с прерывателем 11 (рис. 27) с частотой около 3—5 перерывов в секунду *).

Таким образом, беря пробу электро-искровым способом, можно делать количественные определения, наблюдая длительность существования линии примеси в спектре. Однако предварительный перенос пробы полезен не только в этих случаях. Можно привести ряд задач, встречающихся в практике применения стилоскопа, когда уместно воспользоваться электро-искровым переносом.

Например, при взятии пробы с внутренней поверхности полой детали, при анализе металлических покрытий удобно с помощью электро-искрового переноса накопить требуемое для надёжного определения количество покрытия; при анализе драгоценных металлов или изделий можно перенести небольшое количество пробы, вместо того чтобы подвергать объект исследования более глубоким повреждениям электрической дугой; при анализе проб, интенсивно сгорающих в дуге (проволок, фольги), так же удобно переносить их вещество в небольшом количестве на массивный электрод.

§ 64. Обнаружение углерода в стальных и чугунах

При искровом режиме дуги переменного тока от генератора, собранного по схеме 123, можно производить определение углерода. Переключатель 9 устанавливается в этом случае в положение II, катушка 5 должна иметь индуктивность около 200 см, а конденсатор 8 ёмкостью 10 мкф. В этом случае в разряде возбуждается линия углерода 4267 Å.

При указанном способе включения в генераторе отсутствует высокочастотный трансформатор (катушки 5 и 6), поэтому самостоятельно разряд зажигается только при очень маленьких межэлектродных промежутках, практически — при соприкосновении электродов с последующим раздвижением их. Более устойчивый разряд поддерживается с постоянным цинковым электродом.

Содержание углерода менее 0,3% оценить не удается, так как возникновение линии 4267 Å, вследствие присутствия углерода в воздухе, мешает заметить дальнейшее уменьшение углерода в испытуемом образце.

На рис. 125 представлена схема расположения спектральных линий, видимых в окуляр стилоскопа. Интенсивность линии углерода оценивается сравнением её с линиями газов воздуха. Так как линия 4267 Å (состоящая из двух сливающихся линий 4267,27 Å и 4267,02 Å) очень широка и размыта, то сравнивать её с резкими

*). При наблюдениях вспыхивающих линий применение прерывателя помогает производить оценки интенсивностей.

линиями железа весьма трудно; гораздо удобнее такое сравнение производить с размытыми линиями воздуха.

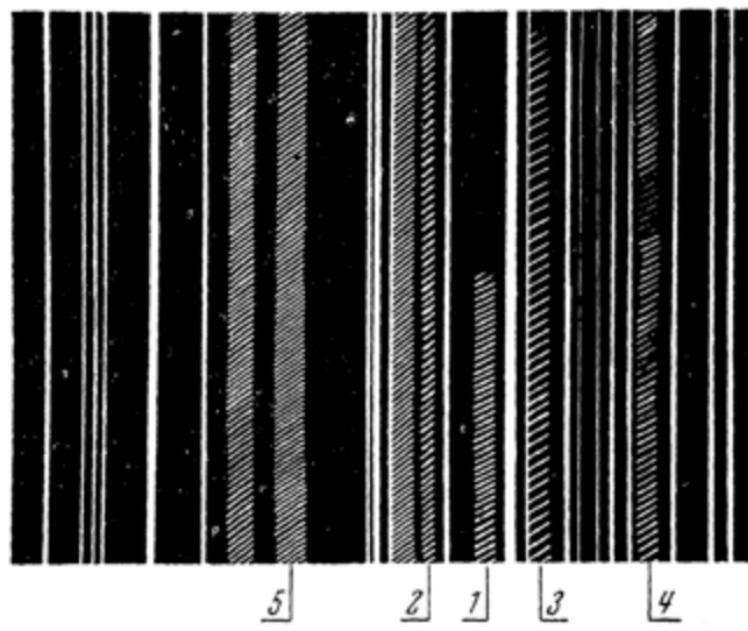


Рис. 125. Группа С.

В таблице 88 указаны выбранные для сравнения спектральные линии, а в таблице 89 приведены спектроскопические признаки для определения углерода.

Таблица 88
Линии для определения углерода

Длины волн в \AA	Условные обозначения линий	Принадлежность линий
4267,27 } 4267,02 }	1	Углерод
4256	2	Полоса ZnH
4275—4280	3	Азот и кислород
4303,78	4	Кислород
4241,8	5	Азот

Видимое излучение дуги при искровом режиме имеет меньшую интенсивность, чем при обычных условиях разряда, поэтому осветительную линзу стилоскопа необходимо располагать таким образом, чтобы дуга изображалась на щели, что приводит к значительному увеличению яркости всего спектра. Рекомендуется проектировать на щель несколько уменьшённое изображение дуги,

тогда смещение изображения при блуждании дуги будет меньше. Для стилоскопа СЛ-1 это условие выполняется при расстоянии от источника света до осветительной линзы в 12 см и от осветительной линзы до щели в 16 см. В этом случае интенсивность

Таблица 89

Оценки для определения углерода

Содержание углерода в %	Род сплава	Оценка интенсивностей
Около 0,3	Сталь	$1 < 2$
0,5—0,7	"	$1 > 2; 1 < 3$
0,8—1,0	"	$1 = 3$
1—1,2	"	$1 > 3; 1 < 4$
3—3,5	Чугун	$1 = 5$
4—4,5	"	$1 > 5$

спектра достаточна, чтобы заметить слабую линию CII 4267 Å из воздуха в разряде между электродами из чистого цинка.

При блуждании дуги по электроду изображение её смещается, при этом сравнительно небольшие смещения могут привести к резкому уменьшению интенсивности линии углерода, так как последняя возбуждается только в центральной области разряда. Поэтому во время наблюдения необходимо непрерывно регулировать освещение с помощью осветительной линзы, компенсируя смещение дуги и добиваясь, чтобы интенсивность линии углерода была наибольшая; только в этот момент и можно делать оценку интенсивности.

Между свеже зачищенными электродами стабильный разряд устанавливается не сразу. Дуге следует дать погореть 10—20 сек. при маленьком промежутке, а затем раздвинуть электроды на 1—1,5 мм. Большой строгости в установке промежутка не требуется, однако не следует увеличивать его свыше 2 мм, так как при этом интенсивность линии углерода уменьшается.

§ 65. Анализ газов и газовых смесей

С помощью стилоскопа можно также производить качественный спектральный анализ газовых смесей и газов, характерные линии которых, как известно, расположены в видимой области спектра. Подобные задачи часто встречаются в электровакуумном производстве.

Пробу для анализа удобнее всего отбирать в колбу обычной лампы накаливания, в которую вместо вольфрамовой нити введе-

ны два медных электрода (спиральки) из медной проволоки диаметром около 1 мм, свёрнутые в плоские спирали диаметром около 5 мм; расстояние между параллельно расположенными спиральми — около 1 мм, давление газа 500 тор.

Для возбуждения спектра газа электроды колбы подключаются к генератору высокой частоты, изображённому на рис. 123; при этом переключатель 9 ставится в положение II, а цепь дуги выключается размыканием рубильника 14, разряд питается только от высокочастотного контура с малой индуктивностью 5. В этом случае спектр электродов колбы возбуждается лишь в малой степени, а главным образом светится газ. Можно, конечно, производить отбор проб в гейслеровскую трубку, но в последнем случае встречаются затруднения при анализе газовых смесей, составляющие которых разнятся по потенциалам ионизации (например, азот и аргон), что приводит к преимущественному возбуждению легкоионизируемой составляющей^[114].

В первом же случае искровой разряд между медными электродами в газе происходит при большой плотности тока; при этом условия возбуждения для различных составляющих газа в значительной мере выравниваются, например, в смесях аргона и азота возбуждаются спектры обоих элементов и отсутствует молекулярный спектр азота.

§ 66. Перспективы развития применений стилоскопа

Визуальные методы спектрального анализа при помощи стилоскопа всё время совершенствуются и область их применения непрестанно расширяется.

В этой главе было приведено довольно много новых применений стилоскопа, дальнейшее развитие которых вызовет создание соответствующих методик.

К очередным применениям стилоскопа, которые уже частично разрабатываются, можно отнести следующие:

- 1) анализ ферросплавов,
- 2) анализ лигатур,
- 3) анализ металлов и сплавов, применяемых в электровакуумной промышленности,
- 4) анализ баббитов и припоеv,
- 5) анализ руд и минералов,
- 6) сортировка неорганических химических реагентов и контроль их на чистоту.

Для решения перечисленных задач и подобных им не встречается больших затруднений, и в ближайшее время, несомненно, будут разработаны необходимые методики.

Несмотря на то что основным назначением стилоскопа является качественный и грубо-количественный анализ, всё же очень

заманчиво там, где это возможно, уточнить количественные оценки.

Наиболее естественным техническим средством для уточнения определений является введение в прибор фотометрических приспособлений, позволяющих известным образом выравнивать интенсивности аналитических линий, так как сам по себе стилоскоп не является прибором для фотометрических измерений.

Мы не будем сейчас подробно рассматривать различные фотометрические насадки, которые можно было бы применить для стилоскопа, ибо изложение визуальных методов спектрального анализа с применением фотометрических средств выходит за пределы настоящей книги. Отметим только, что наиболее простым и, повидимому, наиболее целесообразным средством фотометрирования является способ, предложенный Л. М. Иванцовым [115], заключающийся в том, что в поле зрения окуляра вводится фотометрический клин, могущий ослаблять интенсивность не всего поля зрения, а только одной аналитической линии и тем самым выравнивать её относительно линии сравнения.

Величиной, связанной с концентрацией определяемого элемента, является линейное перемещение клина, отсчитываемое по шкале. Испытание автоколлимационного стилоскопа с описываемым приспособлением дало очень хорошие результаты при анализе сплавов на медной основе.

Интересен также способ фотометрирования линий, разработанный Н. А. Прилежаевой и О. П. Семёновой [116]. Оценки интенсивностей линий производятся с помощью вспомогательного сплошного спектра, яркость которого меняется измеримым образом и уравнивается поочерёдно с яркостью аналитических линий. Два участка щели спектроскопа освещаются двумя источниками света: в прямом направлении — источником возбуждения спектра и сбоку — с помощью зеркала или призмы полного внутреннего отражения — лампой накаливания.

В фокальной плоскости окуляра помещается диафрагма с Т-образным вырезом, которая выделяет отрезок линейчатого спектра с выбранной для фотометрирования линией и прилегающий к ней участок сплошного спектра. В цепь лампы включён реостат и параллельно лампе — вольтметр. Меняя с помощью реостата напряжение на лампе, уравнивают яркость сплошного спектра с яркостью измеряемой линии и делают отсчёт по вольтметру. Мерой отношения интенсивности аналитических линий служит отношение напряжений на лампочке при фотометрировании линии примеси и линии сравнения.

Работая этим методом, авторы получили воспроизводимость результатов с относительной погрешностью от 3 до 10% при возбуждении спектров высокочастотной конденсированной искрой.

Наряду с этим можно применять фотометрические приспособления, не вызывающие никаких переделок в стилоскопе. Например, Н. И. Бортников^[71] производил количественные определения с приспособлением, состоящим из серого клина и осветителя. В этом случае излучение от источника света последовательно проходит осветительную линзу, серый клин, стеклянную плоскопараллельную пластинку с углом наклона 45° и падает на щель стилоскопа. Свет от лампочки накаливания осветителя, расположенного в стороне от оптической оси коллиматора, проходит вторую осветительную линзу, отражается от той же плоскопараллельной пластиинки и падает на щель. В окуляре стилоскопа наблюдается линейчатый спектр исследуемого вещества на фоне непрерывного спектра лампочки накаливания. Передвижением серого клина линейчатый спектр гасится до исчезновения фотометрируемой линии. Положение клина, отсчитываемое по шкале, характеризует интенсивность линии.

Применение описанных приёмов фотометрирования расширяет область применения стилоскопа и, в некоторых частных случаях, позволяет производить количественные определения.

С другой стороны, повысить точность количественных оценок стилоскопом можно также без помощи дополнительных фотометрических устройств. В некоторых случаях уместно воспользоваться методом фотометрического интерполирования, успешно применяемого и при фотографическом количественном анализе со ступенчатым ослабителем^[121], с тем отличием, что роль ступенек выполняют линии сравнения различной интенсивности, расположенные вблизи линии определяемого вещества. На примере определения молибдена в сталях^[62] была показана возможность применения этого метода фотометрирования при работе со стилоскопом. Можно предполагать, что и в других случаях при благоприятном расположении линий сравнения удастся производить количественные определения.

П. Д. Корж и М. Н. Штутман^[117], разработав способ количественного определения натрия в шлаках, показали, что при сжигании определённого количества пробы длительность свечения спектральных линий искомого элемента является критерием содержания последнего в пробе и легко может быть установлена при наблюдении в стилоскоп. Нет сомнений, что этот способ найдёт много других приложений.

Количественные определения можно в значительной степени уточнить, наблюдая попаременно спектр анализируемого образца и спектр известного образца, как это указано Д. М. Козленко^[118]. Нетрудно организовать работу стилоскопной установки таким образом, чтобы наблюдатель имел возможность очень быстро менять электроды дуги и сравнивать спектр пробы со спектрами образцов известного химического состава. В этом случае, когда при

наблюдении спектра ещё сохранилось зрительное впечатление от предыдущего наблюдения, нетрудно подбором эталонных образцов установить, какой эталонный образец по интенсивности аналитических линий ближе всего подходит к пробе, и, таким образом, найти искомое содержание. Ещё лучше подобрать два эталонных образца, между которыми расположен искомый, и, грубо интерполируя, оценить неизвестное содержание примеси.

При известном навыке это легко удаётся. Важно только иметь достаточное количество образцов и удобное устройство для быстрой их смены. Здесь, повидимому, лучше применить штативы с револьверными дисками^[72]. Подобные наблюдения удобно вести с двумя источниками света (как это указано на рис. 44), направляя одновременно в щель спектрографа излучение как от испытуемого, так и от известного образца. Правда, в этом случае усложняется обслуживание установки с двумя источниками света. Но зато мы получаем возможность рассматривать одновременно два спектра, что позволяет гораздо точнее подобрать известные образцы к пробе по их спектрам и, таким образом, установить содержание искомой примеси в пробе.

Количественные определения можно также уточнять с помощью специально подобранных постоянных электродов, в которых известным образом меняется какая-либо примесь, дающая спектральную линию сравнения возле линии определяемого элемента, подобно тому как это рекомендует Трише^[11] для фотографического метода количественного анализа. Проградуировав набор таких электродов в концентрациях определяемого элемента, можно подобрать электрод, дающий равноинтенсивность линии искомой примеси и линии сравнения. Например, кремний можно определять по красным линиям 6346,7 Å и 6371,4 Å, сравнивая их с линией цинка 6362 Å. Если иметь набор постоянных, например, медных электродов с различным содержанием цинка и заранее установить, при каких содержаниях кремния и с каким из электродов будет наблюдаваться равноинтенсивность линий кремния и цинка, то можно производить количественные определения кремния в неизвестных образцах, подбирая электрод, в комбинации с которым линии кремния и цинка будут равноинтенсивны.

Подобным образом можно определять никель по линии 5080,52 Å, сравнивая её с линией кадмия 5085,82 Å, марганец — по линии 5516,77 Å, сравнивая её с линией молибдена 5533,05 Å, и другие элементы.

Чтобы вести анализ этим способом, необходимо предварительно заготовить требуемые электроды и проградуировать их, что представляет, конечно, немалые трудности, но следует учесть, что

при массовых анализах выгоды метода с превышением компенсируют эту подготовительную работу.

Можно видоизменить технику анализа, заменив электроды с известным содержанием элемента сравнения соответствующими растворами, изготовление которых значительно проще, нежели выплавка и анализ электродов. Подавать раствор в дугу лучше всего с помощью вращающегося электрода (рис. 45), диск которого (медный) служит нижним электродом, а испытуемый образец — верхним.

С помощью стилоскопа можно также вести количественный анализ по методу Оккиалини [119]. Применив этот метод, Пасторе [120] разработал анализ сталей на все примеси, включая также серу, фосфор и углерод. Сущность метода заключается в следующем: искровой разряд *) образуется между горизонтально расположеннымми электродами, один из них является исследуемым металлом, а другой угольным стержнем.

Горизонтальная искра проектируется посредством объектива на вертикальную щель спектроскопа. Объектив имеет салазки и может перемещаться в них при помощи микрометренного винта в направлении, перпендикулярном к щели спектроскопа; таким образом, к щели подводятся различные участки разряда искры.

Наблюдая в спектроскоп, установленный на линию исследуемого элемента, передвигают объектив, изображающий искру на щели. При этом можно измерить величину перемещения объектива в то положение, когда видна исследуемая линия. Это расстояние условно названо «длиной линии».

При строгом соблюдении условий возбуждения длина линии возрастает с увеличением концентрации элемента, дающего исследуемую линию. По образцам известного химического состава можно построить градуировочный график, выражающий зависимость длины линии от процентного содержания искомой примеси.

Конечно, успех этого метода зависит главным образом от условий возбуждения спектра и от их воспроизводимости; при выполнении этих требований с помощью стилоскопа можно успешно производить анализ по описанному методу. Следует отметить, что наблюдать исчезновения линии при перемещении изображения искры поперек щели значительно легче, нежели устанавливать длину клиновидных линий.

Бесспорно, этот метод заслуживает внимания и может найти много ценных применений.

В таблице 90 приведены очень интересные данные для разработанного Пасторе метода анализа сталей с относительной погрешностью количественных определений от 2 до 6%.

*) Повидимому, можно также воспользоваться искровым режимом дуги переменного тока.

Таблица 90

Спектральные линии, выбранные для анализа сталей по методу Оккиалини

Элементы	Пределы концентраций в %	Длины волн аналитических спектральных линий в Å
Углерод . . .	0,1—0,6	5133,29
Никель . . .	1,5—9	5424,65; 5435,87
Хром . . .	1—2	5409,79; 5345,81
Фосфор . . .	0,008—0,032	5316,07; 5386,87
Ванадий . . .	0,1—1	5042,06; 5708,4
» . . .	0,5—2,5	5128,53; 4881,56
Молибден . . .	0,1—1,2	5238,20
Сера . . .	0,004—0,020	5320,70; 5278,91
Вольфрам . .	2—20	5071,73; 5648,38
Марганец . . .	0,1—1,0	5341,07
Титан . . .	0,04—0,24	5007,21; 5002,3

Приведенных примеров вполне достаточно для иллюстрации возможностей количественного анализа при помощи стилоскопа.

Несомненно, что такие возможности есть, и во многих случаях их целесообразно использовать.

Ещё более широкие перспективы развития разнообразнейших методов спектрального анализа открывают новые средства возбуждения спектров.

Из настоящей главы видно, каким образом новые способы возбуждения спектра дугой переменного тока повлекли новые применения стилоскопа. Анализ алюминиевых сплавов, анализ растворов, определение серы, углерода, перспективы определения других неметаллов — всё это результат применения новых средств возбуждения спектра, которые далеко не исчерпаны.

Дальнейшее усовершенствование источников света, несомненно, сделает возможным многие применения визуальных методов спектрального анализа.

Наконец, нужно отметить, что с помощью стилоскопа можно наблюдать также молекулярные спектры как поглощения, так и испускания. Несомненно, найдётся немало задач, как, например, изучение низкотемпературных вспышек, пламени сигнальных огней, разрядов в вакуумных трубках и пр., когда наблюдение видимой области спектра представляет значительный интерес.

В. ПРИЛОЖЕНИЯ*)

Таблица III

Чувствительные линии элементов, расположенные в видимой области спектра [21]

Символы и обозначения:)**

U1 — наиболее чувствительная линия нейтральных атомов данного элемента.

U2 — следующая за ней по чувствительности линия и т. д.

V1 — наиболее чувствительная линия ионизированных атомов данного элемента.

V2 — следующая за ней по чувствительности линия и т. д.

Если *U1* или *V* не приводятся, это означает, что наиболее чувствительные линии данного элемента лежат за пределами области, наблюдаемой в спектроскопе.

В потенциал возбуждения линий ионизированных атомов включена также величина потенциала ионизации соответствующего атома, чтобы дать представление об общей энергии, необходимой для возбуждения данной линии.

d — двойная линия.

h — линия неясна, диффузна.

r — слабое самообращение.

R — сильное самообращение.

w — линия уширена или состоит из нескольких составляющих.

W — линия сильно уширена или состоит из многих составляющих.

() — данные об интенсивностях относятся к возбуждению в газоразрядных трубках.

I — линия принадлежит нейтральным атомам.

II — линия принадлежит однократно ионизированным атомам и т. д.

Длина волны в Å	Потенциал возбуждения	Интенсивность		Чувствительность
		дуга	искра	
Ag 18 Аргон				
7067,217	13,2	—	(400)	<i>U</i> 3
6965,43	13,3	—	(400)	<i>U</i> 3
Ag 47 Серебро				
5465,487	6,0	1000	500 <i>R</i>	<i>U</i> 4
5209,067	6,0	1500	1000 <i>R</i>	<i>U</i> 3
Al 13 Алюминий				
6243,36	21,0	—	100	<i>V</i> 3
6231,76	21,0	—	30	—
3961,527	3,1	3000	2000	<i>U</i> 1
3944,032	3,1	2000	1000	<i>U</i> 2

*) Таблицы I и II помещены в конце книги, таблицы XII, XIII и XIV даны на вкладках.

**) Эти же обозначения приняты в таблицах IV—IX.

Продолжение

Длина волны в Å	Потенциал возбуждения	Интенсивность		Чувствитель- ность
		дуга	искра	
Ba 56 Барий				
5777,665	3,8	500 R	100 R	U 2
5535,551	2,2	1000 R	200 R	U 1
5519,115	3,8	200 R	60 R	U 3
5424,616	3,8	100 R	30 R	U 4
4934,086	7,7	400 R	400 h	V 2
4554,042	7,9	1000 R	200	V 1
4130,664	10,9	50 r	60 wh	V 3
Bi 83 Висмут				
4722,552	4,0	1000	100	—
Br 35 Бром				
4816,71	14,4	—	(300)	V 3
4785,50	14,4	—	(400)	V 2
4704,86	14,4	—	(250)	V 1
C 6 Углерод				
4267,27	32,1	—	500	V 2
4267,02	32,1	—	350	V 3
Ca 20 Кальций				
4454,781	4,7	200	—	U 2
4434,96	4,7	150	—	U 3
4425,441	4,7	100	—	U 4
4226,728	2,9	500 R	50 W	U 1
3968,468	9,2	500 R	500 R	V 2
3933,666	9,2	600 R	600 R	V 1
Cd 48 Кадмий				
6438,4696	7,3	2000	1000	—
Ce 58 Церий				
4186,599	> 8,6	80	25	—
4165,606	> 8,6	40	6	—
4040,762	> 8,7	70	5	—
4012,388	> 8,7	60	20	—
Cl 17 Хлор				
4819,46	28,3	—	(200)	V 4
4810,06	28,3	—	(200)	V 3
4794,54	28,3	—	(250)	V 2

Продолжение

Длина волны в Å	Потенциал возбуждения	Интенсивность		Чувствитель- ность
		дуга	искра	
Cr 24 Хром				
5208,436	3,3	500 R	100	U 4
5206,039	3,3	500 R	200	U 5
5204,518	3,3	400 R	100	U 6
4289,721	2,9	3000 R	800 r	U 3
4274,803	2,9	4000 R	800 r	U 2
4254,346	2,9	5000 R	1000 r	U 1
Cs 55 Цезий				
4593,177	2,7	1000 R	50	U 4
4555,355	2,7	2000 R	100	U 3
Cu 29 Медь				
5218,202	6,2	700	—	U 3
5153,235	6,2	600	—	U 4
5105,541	3,8	500	—	U 5
Dy 66 Диспрозий				
4211,719	> 2,9	200	15	—
4167,966	> 3,0	50	12	—
4077,974	> 3,0	150	100	—
4045,983	> 3,0	150	12	—
4000,454	> 3,1	400	300	—
Er 68 Эрбий				
3906,316	3,2	25	12	—
Eu 63 Европий				
4205,046	8,6	200	50	—
4129,737	8,6	150	50	—
F 9 Фтор				
6902,46	14,5	—	(500)	U 3
6856,02	14,4	—	(1000)	U 2
Ga 31 Галлий				
4172,056	3,1	2000 R	1000	U 1
4032,982	3,1	1000 R	500	U 2
Ge 32 Германий				
4226,57	4,9	200	50	—

Продолжение

Длина волны в Å	Потенциал возбуждения	Интенсивность		Чувствитель- ность
		дуга	искра	
Н 1 Водород				
6562,79	12,0	—	(3000)	U 2
4861,327	12,7	—	(500)	U 3
Не 2 Гелий				
5875,618	23,0	—	(1000)	3
4685,75	75,3	—	(300)	—
Нf 72 Гафний				
4093,161	7,8	25	20	—
Hg 80 Ртуть				
5460,74	7,7	—	(2000)	—
4358,35	7,7	3000 w	500	—
4046,561	7,7	200	300	—
J 53 Иод				
5464,61	22,7	—	(900)	—
5161,188	22,8	—	(300)	—
In 49 Индий				
4511,323	3,0	5000 R	4000 R	U 1
4101,733	3,0	2000 R	1000 R	U 2
K 19 Калий				
7698,979	1,6	5000 R	—	U 2
7664,907	1,6	9000 R	—	U 1
4047,201	3,0	400	200	U 4
4044,140	3,1	800	400	U 3
Kr 36 Криптон				
5870,9158	12,1	—	(3000)	U 2
5570,2895	12,1	—	(2000)	U 3
La 57 Лантан				
6249,929	2,5	300	—	U 1
5930,648	2,2	250	—	U 2
5455,146	2,4	200	1	U 3
4123,228	8,9	500	500	V 4
4077,34	8,9	600	400	V 3
3949,106	9,1	1000	800	V 2
Li 3 Литий				
6707,844	1,8	3000 R	200	U 1
6103,642	3,9	2000 R	300	U 3
4603,0	4,5	800	—	U 4

Продолжение

Длина волны в Å	Потенциал возбуждения	Интенсивность		Чувствитель- ность
		дуга	искра	
Lu 71 Лютейций				
4518,57	2,7	300	40	—
3554,43	6,2	50	150	—
3472,48	6,3	50	150	—
3397,07	6,3	50	20	—
Mg 12 Магний				
5183,618	5,1	500 wh	300	—
5172,699	5,1	200 wh	100 wh	—
5167,343	5,1	100 wh	50	—
Mn 25 Марганец				
4034,49	3,1	250 r	20	U 3
4033,073	3,1	400 r	20	U 2
4030,755	3,1	500 r	20	U 1
Mo 42 Молибден				
3902,963	3,2	1000 R	500 R	U 3
N 7 Азот				
5679,56	35,1	—	(500)	V 2
5676,02	35,0	—	(100)	V 4
5666,64	35,0	—	(300)	V 3
4109,98	13,7	—	(1000)	U 2
4103,37	74,3	—	(80)	—
4099,94	13,7	—	(150)	U 3
4097,31	74,3	—	(100)	—
Na 11 Натрий				
5895,923	2,1	5000 R	500 R	U 2
5889,953	2,1	9000 R	1000 R	U 1
5688,224	4,3	300	—	—
5682,657	4,3	80	—	—
Nb 41 ниобий (Сb — Колумбий)				
4137,095	3,0	100	60	U 5
4123,81	3,0	200	125	U 4
4100,923	3,1	300 w	200 w	U 3
4079,729	3,1	500 w	200 w	U 2
4058,938	3,2	1000 w	400 w	U 1
Nd 60 Неодим				
4303,573	> 2,9	100	40	—
4177,321	> 3,0	15	25	—
3951,154	> 3,1	40	30	—

Продолжение

Длина волны в Å	Потенциал возбуждения	Интенсивность		Чувствитель- ность
		дуги	искра	
№ 10 Неон				
6402,246	18,5	—	(2000)	—
5852,488	18,9	—	(2000)	—
5400,562	18,9	—	(2000)	—
Pb 82 Свинец				
5608,8	16,9	—	(40)	U 2
4057,82	4,4	2000 R	300 R	U 1
Pr 59 Празеодим				
4225,327	>2,9	50	40	—
4189,518	>2,9	100	50	—
4179,422	>3,0	200	40	—
4062,817	>3,0	150	50	—
Ra 88 Радий				
4825,91	2,6	—	(800)	U 1
4682,28	7,8	—	(800)	V 2
Rb 37 Рубидий				
7800,223	1,6	9000 R	—	U 1
4215,556	2,9	1000 R	300	U 4
4201,851	2,9	2000 R	500	U 3
Re 75 Рений				
4889,17	2,5	2000	—	U 2
S 16 Сера				
4696,25	9,1	—	(15)	—
4695,45	9,1	—	(30)	—
4694,13	9,1	—	(500)	—
Sc 21 Скандий				
4023,688	3,1	100	25	U 3
4020,399	3,1	50	20	U 4
3911,81	3,2	150	30	U 1
3907,476	3,2	125	25	U 2
Se 34 Селен				
4742,25	>2,6	—	(500)	U 6
4739,03	>2,6	—	(800)	U 5
4730,78	>2,6	—	(1000)	U 4

Продолжение

Длина волны в Å	Потенциал возбуждения	Интенсивность		Чувствитель- ность
		дуга	искра	
Si 14 Кремний				
3905,528	5,1	20	15	—
Sm 62 Самарий				
4434,321	8,8	200	200	V 2
4424,342	8,9	300	300	V 1
4390,865	8,6	150	150	—
Sn 50 Олово				
4524,741	4,8	500 wh	50	—
Sr 38 Стронций				
4962,263	4,3	40	—	U 4
4872,493	4,3	25	—	U 3
4832,075	4,3	200	8	U 2
4607,331	2,7	1000 R	50	U 1
4305,447	11,6	40	—	—
4215,524	8,6	300 W	400	V 2
4077,714	8,7	400 W	500	V 1
Ta 73 Тантал				
3406,664	>3,6	70 w	18	—
3318,84	>3,7	125	35	—
3311,162	>3,7	300 w	70 w	—
Th 90 Торий				
4019,137	>3,1	8	8	—
3601,04	>3,4	8	10	—
Ti 22 Титан				
5007,213	3,3	200	40	—
4999,51	3,3	200	80	—
4991,066	3,3	200	100	—
4981,733	3,3	300	125	U 1
Tl 81 Таллий				
5350,46	3,3	5000 R	2000 R	—
U 92 Уран				
4241,669	2,9	40	50	—

Продолжение

Длина волны в Å	Потенциал возбуждения	Интенсивность		Чувствитель- ность
		дуга	искра	
V 23 Ванадий				
4389,974	3,1	80 R	60 R	—
4384,722	3,1	125 R	125 R	—
4379,238	3,1	200 R	200 R	U 1
W 74 Вольфрам				
4302,108	3,2	60	60	U 1
4294,614	3,2	50	50	U 2
4008,753	3,4	45	45	U 3
Xe 54 Ксенон				
4671,226	10,9	—	(2000)	U 2
4624,276	10,9	—	(1000)	U 3
4500,977	11,0	—	(500)	U 4
Yb 70 Иттербий				
3987,994	3,1	1000 R	500 R	—
Yt 39 Итрий				
4674,848	2,7	80	100	U 1
4643,695	2,7	50	100	U 2
Zn 30 Цинк				
6362,347	7,7	1000 Wh	500	—
4810,534	6,6	400 w	300 h	—
4722,159	6,6	400 w	300 h	—
4680,138	6,6	300 w	200 h	—
Zr 40 Цирконий				
4772,312	3,2	100	—	—
4739,478	3,2	100	—	—
4710,075	3,3	60	—	—
4687,803	3,4	125	—	—

Таблица IV

Чувствительные линии элементов, расположенные по длинам волн

Длина волны в Å	Элемент	Интенсивность		Чувствитель- ность
		дуга	искра	
6965,43	Ar I	—	(400)	U 3
6902,46	F I	—	(500)	U 3
6856,02	F I	—	(1000)	U 2
6707,844	Li I	3000 R	200	U 1
6562,79	H I	—	(3000)	U 2
6438,4696	Cd I	2000	1000	—
6402,246	Ne I	—	(2000)	—
6362,347	Zn I	1000 Wh	500	—
6249,929	La I	300	—	U 1
6243,36	Al II	—	100	V 3
6231,76	Al II	—	30	—
6103,642	Li I	2000 R	300	U 3
5930,648	La I	250	—	U 2
5895,923	Na I	5000 R	500 R	U 2
5889,953	Na I	9000 R	1000 R	U 1
5875,618	He I	—	(1000)	U 3
5870,9158	Kr I	—	(3000)	U 2
5852,488	Ne I	—	(2000)	—
5777,665	Ba I	500 R	100	U 2
5688,224	Na I	300	—	—
5632,657	N I	80	—	—
5679,56	N II	—	(500)	V 2
5676,02	N II	—	(100)	V 4
5666,64	N II	—	(300)	V 3
5608,8	Pb II	—	(40)	V 2
5570,2895	Kr I	—	(2000)	U 3
5535,551	Ba I	1000 R	200 R	U 1
5519,115	Ba I	200 R	60 R	U 3
5465,487	Ag I	1000 R	500 R	U 4
5464,61	J II	—	(900)	—
5460,74	Hg I	—	(2000)	—
5455,146	La I	200	1	U 3
5424,616	Ba I	100 R	30 R	U 4
5400,562	Ne I	—	(2000)	—
5350,46	Tl I	5000 R	2000	U 1
5218,202	Cu I	700	—	U 3
5209,067	Ag I	1500 R	1000 R	U 3
5208,436	Cr I	500 R	100	U 4
5206,039	Cr I	500 R	200	U 5
5204,518	Cr I	400 R	100	U 6
5183,618	Mg I	500 wh	300	—
5172,699	Mg I	200 wh	100 wh	—
5167,343	Mg I	100 wh	50	—
5161,188	J II	—	(300)	—
5132,235	Cu I	600	—	U 4
5105,541	Cu I	500	—	U 5
5007,213	Ti I	200	40	—

Продолжение

Длина волны в Å	Элемент	Интенсивность		Чувствитель- ность
		дуга	искра	
4999,51	Ti I	200	80	—
4991,066	Ti I	200	100	—
4981,733	Ti I	300	125	U 1
4962,263	Sr I	40	—	U 4
4934,086	Ba II	400 h	400 h	U 2
4889,17	Re I	2000 w	—	U 2
4872,493	Sr I	25	—	U 3
4861,327	H I	—	(500)	U 3
4832,075	Sr I	200	8	U 2
4825,91	R I	—	(800)	U 1
4819,46	Cl II	—	(200)	V 4
4816,71	Br II	—	(300)	V 3
4810,534	Zn I	400 w	300 h	—
4810,06	Cl II	—	(200)	V 3
4794,54	Cl II	—	(250)	V 2
4785,5	Br II	—	(400)	V 2
4772,312	Zr I	100	—	—
4742,25	Se I	—	(500)	U 6
4739,478	Zr I	100	—	—
4739,03	Se I	—	(800)	U 5
4730,78	Se I	—	(1000)	U 4
4722,552	Bi I	1000	100	—
4722,159	Zn I	400 w	300 h	—
4710,075	Zr I	60	—	—
4704,86	Br II	—	(250)	V 1
4696,25	S I	—	(15)	U 9
4695,45	S I	—	(30)	U 8
4694,13	S I	—	(500)	U 7
4687,803	Zr I	125	—	U 4
4685,75	He II	—	(300)	—
4682,28	R II	—	(800)	V 2
4680,138	Zn I	300 w	200 h	—
4674,848	Yt I	80	100	U 1
4671,226	Xe I	—	(2000)	U 2
4643,695	Yt I	50	100	U 2
4624,276	Xe I	—	(1000)	U 3
4607,331	Sr I	1000 R	50 R	U 1
4603,0	Li I	800	—	U 4
4593,177	Cs I	1000 R	50	U 4
4555,355	Cs I	2000 R	100	U 3
4554,042	Ba II	1000 R	200	V 1
4524,741	Sn	500 wh	50	—
4518,57	Lu	300	40	—
4511,323	In I	5000 R	4000 R	U 1
4500,977	Xe I	—	500	U 4
4454,781	Ca I	200	—	U 2
4434,96	Ca I	150	—	U 3
4434,321	Sm II	200	200	U 2
4425,441	Ca I	100	—	U 4

Продолжение

Длина волны в Å	Элемент	Интенсивность		Чувствитель- ность
		дуга	искра	
4424,342	Sm II	80	60	V I
4420,468	Os I	300	300	—
4390,865	Sm II	400	100	—
4389,974	V I	150 R	150 R	—
4384,722	V I	125 R	125 R	—
4379,238	V I	200 R	200 R	U 1
4358,35	Hg I	3000 w	500	—
4305,447	Sr II	40	—	—
4303,573	Nd	100	40	—
4302,108	W I	60	60	U 1
4294,614	W I	50	50	U 2
4289,721	Cr I	3000 R	800 r	U 3
4274,803	Cr I	4000 R	800 r	U 2
4267,27	C II	—	500	U 2
4267,02	C II	—	350	U 3
4254,346	Cr I	5000 R	1000	U 1
4241,669	U	40	50	—
4226,728	Ca I	500 R	50 W	U 1
4226,57	Ge I	200	50	—
4225,327	Pr I	50	40	—
4215,556	Rb I	1000 R	300	U 4
4215,524	Sr II	300 r	400 W	V 2
4211,719	Dy	200	15	—
4205,046	Eu II	200 R	50	—
4201,851	Rb I	2000 R	500	U 3
4189,518	Pr	100	50	—
4186,599	Ce II	80	25	—
4179,422	Pr	200	40	—
4177,321	Nd	15	25	—
4172,056	Ga I	2000 R	1000 R	U 1
4167,966	Dy	50	12	—
4165,606	Ce	40	6	—
4137,095	Nb I	100	60	U 5
4130,664	Ba II	50 r	50 Wh	V 3
4129,737	Eu II	150 R	50 R	—
4123,81	Nb I	200	125	U 4
4123,228	La II	500	500	U 4
4109,98	N I	—	(1000)	U 2
4103,37	N III	—	(80)	—

Продолжение

Длина волны в Å	Элемент	Интенсивность		Чувствитель- ность
		дуга	искра	
4101,773	In I	2000 R	1000 R	U 2
4100,923	Nb I	300 w	200 w	U 3
4099,94	N I	—	(150)	U 3
4097,31	N III	—	(100)	—
4093,161	Hf II	25	20	—
4079,729	Nb I	500 w	200 w	U 2
4077,974	Dy	150 r	100	—
4077,714	Sr II	400 r	500 w	V 1
4077,34	La II	600	400	V 3
4062,817	Pr	150	50	—
4058,938	Nb I	1000 w	400 w	U 1
4057,82	Pb I	2000 R	300 R	U 1
4047,201	K I	400	200	U 4
4046,561	Hg I	200	300	—
4045,983	Dy	150	12	—
4044,14	K I	800	400	U 3
4040,762	Ce II	70	5	—
4034,49	Mn I	250 r	20	U 3
4033,073	Mn I	400 r	20	U 2
4033,982	Ga I	1000 R	500 R	U 2
4030,755	Mn I	500 r	20	U 1
4023,688	Sc I	100	25	U 3
4020,399	Sc I	50	20	U 4
4019,137	Th	8	8	—
4012,388	Ce I	60	20	—
4008,753	W I	45	45	U 3
4000,454	Dy	400	300	—
3987,994	Yb	1000 R	500 R	—
3968,46	Ca II	500 R	500 R	V 2
3961,527	Al I	3000	2000	U 1
3951,154	Nd	40	30	—
3949,106	La II	1000	800	V 2
3944,032	Al I	2000	1000	U 2
3933,666	Ca II	600 R	600 R	V 1
3911,810	Sc I	150	30	U 1
3907,476	Sc I	125	25	U 2
3906,316	Er	25	12	—
3905,528	Si I	20	15 W	—
3902,963	Mo I	1000 R	500 R	U 3

Таблица V

Длины волн линий железа

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
6999,902	I	25	—	6518,374	I	10 h	7 h
6988,53	I	8	—	6516,053	II	—	20
6978,855	I	60	12 h	6501,681	—	2 h	—
6977,445	—	4	—	6498,951	I	3 h	—
6976,934	—	3	—	6496,456	—	10	—
6951,261	I	10 h	—	6494,985	I	400	150
6945,208	I	60	20 h	6493,05	—	—	8
6933,632	I	5 h	—	6481,874	I	12 h	80 wh
6916,702	I	35	5 wh	6475,625	I	8 h	8 h
6902,8	—	—	5 h	6469,214	I	8 h	5 h
6885,77	I	10 h	8 h	6462,729	I	20	7 h
6862,481	I	7	—	6456,376	II	—	8 h
6858,164	I	15	15 h	6446,432	II	—	20
6857,25	—	5 wh	5 wh	6432,654	II	—	2
6855,179	I	60	80 h	6430,851	I	100	80
6843,671	I	30	35 h	6421,355	I	60	40 h
6842,668	I	8	5 h	6419,977	I	18 h	15 h
6841,349	I	50	50 h	6416,942	II	—	2
6839,828	I	3 h	—	6411,664	I	100	80 h
6838,85	—	5 h	5 wh	6408,029	I	50	30 h
6837,04	—	5 h	5 h	6400,318	I	2	—
6828,61	I	18	25 h	6400,018	I	200	150 h
6820,38	—	10	7 h	6393,605	I	100	80 h
6810,25	I	15	18 h	6380,747	—	25 h	8 h
6806,859	I	8 h	7 wh	6358,69	I	8 h	6 h
6804,02	I	7 h	—	6355,039	I	15 h	8 h
6786,88	I	7 h	—	6344,153	I	5 h	2 h
6750,157	I	50	18 h	6336,839	I	60	35 h
6733,171	I	5	—	6335,335	I	50	20 h
6726,78	—	15	—	6322,691	I	8	8 h
6726,668	I	—	8 h	6318,022	I	40	25 h
6717,556	I	5 h	—	6315,31	I	5 h	—
6715,41	I	5 h	—	6302,511	I	15 h	15 h
6705,117	I	12 h	12 wh	6301,517	I	50	50 h
6703,575	I	7	5 wh	6297,797	I	10 h	15 h
6677,993	I	250	150	6290,977	I	5 h	—
6663,446	I	70	25 h	6280,626	I	—	2
6633,772	I	60 h	25 wh	6265,14	I	12 h	5 h
6627,566	I	4 h	8 wh	6256,369	I	8 h	—
6609,116	I	25	12 h	6254,261	I	10	—
6597,607	I	10	—	6252,561	I	60	25 h
6593,878	I	30	18	6247,56	II	1	8
6592,919	I	150	80	6246,335	I	20	20 h
6575,022	I	12 h	15 h	6238,612	—	2	—
6569,224	I	50	25 h	6238,411	II	—	2
6546,245	I	150	50	6232,657	I	5 h	5 wh
6533,97	—	—	3 h	6230,728	I	60	50

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
6229,236	I	2	—	6078,481	I	8	6 h
6227,241	—	5	—	6065,487	I	50	30
6221,36	I	3 h	—	6062,89	I	2 h	—
6219,289	I	40	5	6056,001	I	10	10 h
6217,289	—	2	—	6042,089	I	3	4
6215,153	—	3	—	6027,057	—	6	12
6213,443	I	20	—	6024,063	I	20	20 h
6212,055	I	2	—	6021,829	I	300	—
6210,811	—	2	—	6020,179	I	8	10 h
6209,592	—	2	—	6020,047	—	2	—
6208,428	—	2	—	6018,04	—	2	—
6207,259	—	2	—	6016,655	I	100	—
6200,327	I	15	—	6013,505	—	100	—
6197,75	—	2	—	6008,576	I	18	10
6191,562	I	100	20 h	6007,966	I	10 h	10 h
6188,748	—	3	—	6006,638	—	2	—
6188,023	I	2 h	—	6005,146	—	2 h	—
6185,578	—	2 h	—	6003,034	I	30	15
6184,536	—	3	—	6001,198	—	3 h	—
6184,125	—	3	—	5999,95	—	10 h	—
6183,727	—	2	—	5997,805	I	4	—
6180,216	I	6	—	5991,383	II	2 h	2 h
6173,339	I	18	—	5988,239	—	3	—
6170,502	I	15	—	5987,055	I	25 h	12 h
6165,342	—	4	—	5984,804	I	50	20 h
6163,553	I	2	—	5983,705	I	35	12 h
6157,734	—	15	—	5975,358	—	10	10
6151,632	I	8	—	5969,554	I	5	—
6149,265	II	—	4	5956,708	I	12	—
6147,849	II	5	6	5952,74	I	8 h	—
6144,4	—	2	—	5952,362	—	3	—
6141,759	I	10	—	5949,357	I	4 h	—
6137,696	I	100	—	5942,119	—	2	—
6137,001	I	10	—	5940,968	I	6	—
6136,62	I	100	—	5939,218	—	4 h	—
6134,06	—	2	—	5938,735	—	4	—
6127,915	I	8	—	5937,115	—	3	—
6127,225	—	2	—	5934,68	I	15	12 h
6109,318	—	4	—	5933,085	—	4	—
6103,333	—	—	40	5931,715	—	3	—
6103,185	I	8 h	—	5930,186	I	30	10 h
6102,182	I	15	20 h	5927,806	—	10	—
6098,501	—	2	—	5926,189	—	4	—
6096,683	I	2	—	5924,73	—	2	—
6095,53	—	3 h	—	5923,45	—	4 h	—
6093,637	I	3	—	5923,058	—	4	—
6089,564	—	4	—	5919,927	—	4	—
6082,714	I	2	—	5918,05	—	5	—
6079,022	I	2	—	5916,258	I	25	4

Продолжение

Длина волн в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волн в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
5914,162	I	50	25 h	5811,936	-	3	-
5913,062	-	3	-	5809,245	I	3	5 h
5912,834	-	10	-	5806,73	I	10	5 h
5910,597	-	5	-	5791,041	I	6 h	2 h
5909,986	I	2	-	5789,649	-	8	-
5908,409	-	5	-	5775,091	I	12	2
5908,252	-	8	-	5763,011	I	80	35
5906,015	-	6	-	5753,136	I	40	20
5905,683	-	12	8 h	5752,056	I	8 h	2 h
5902,527	-	6	-	5731,77	I	10	3
5901,68	-	3	-	5717,84	I	10	2
5895,497	-	4	-	5715,107	I	4 h	-
5883,848	I	15	10	5712,145	I	4	2
5879,994	I	6	-	5709,379	I	100 h	-
5879,782	-	8	-	5705,978	I	15	10
5878,002	-	5 h	-	5701,556	I	50	25
5875,372	-	15 h	-	5693,634	-	3	3
5873,219	I	8	2	5686,522	-	10	8
5872,912	-	8	-	5679,022	I	5	4
5871,286	-	3	-	5667,525	I	5 h	3 h
5871,039	-	4	-	5662,525	I	50	50
5869,756	-	10	-	5658,826	I	100	80
5862,363	I	35	35	5658,537	I	30	2
5859,1	I	15	12	5655,498	I	10	5
5859,197	-	6	2	5655,179	-	4	2
5857,127	-	2	3	5641,464	I	15	8
5856,081	-	8 h	3	5638,272	I	40	20
5855,13	-	5	-	5636,698	-	2	1
5854,462	-	3	-	5635,83	-	4 h	2 h
5853,187	I	3 h	-	5633,962	-	20	10
5845,868	-	8	-	5630,35	-	5	2
5844,145	-	4	-	5624,549	-	150	125
5842,484	-	6	-	5624,069	I	4 h	2 h
5837,703	-	3	-	5621,28	-	4	2
5836,558	-	2	-	5620,527	I	3 h	2 h
5835,281	-	3	-	5620,04	-	2	2
5834,779	-	6	-	5618,64	I	10	8
5833,64	-	2	10	5615,652	I	400	300
5832,848	-	3	-	5615,301	I	4	12
5832,073	-	4	-	5602,956	I	45	35
5831,693	-	3	-	5602,779	I	8	8
5830,799	-	3 h	-	5600,234	I	2	-
5830,587	-	5 h	-	5598,289	I	20	-
5828,487	-	4	-	5594,659	-	10	-
5826,585	-	2	-	5587,576	-	6	-
5825,691	-	6	-	5586,763	I	400	50
5824,851	-	3	-	5584,764	-	25	2
5816,376	-	15 d	10 h	5576,106	I	150	-
5815,158	-	3 h	-	5573,105	I	8	-

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
5572,849	I	300	25	5448,374	-	2 h	-
5569,625	I	300	15	5446,92	I	300	35
5567,399	I	30	-	5445,037	I	150	-
5565,702	I	70	-	5436,595	I	5	-
5563,604	I	100	5	5434,527	I	300	35
5562,709	I	15 h	-	5432,950	I	3	-
5560,223	I	5 h	-	5429,699	I	500	40
5554,887	I	100	-	5427,832	-	-	8
5553,585	I	6	-	5425,262	II	-	2
5549,95	-	8 h	-	5424,076	-	400	20
5546,49	I	40	-	5415,207	I	500	20
5543,928	I	10	-	5410,909	I	200	10
5543,183	-	25	-	5409,132	I	10	-
5539,28	-	30	-	5405,778	I	400	70
5538,57	-	50	-	5404,148	I	300	35
5535,411	-	50	-	5403,819	-	30	-
5534,86	-	-	10	5402,55	-	4	-
5534,66	I	20	-	5400,503	I	125	-
5532,749	I	4	-	5398,285	I	70	-
5525,553	I	40	2	5397,616	-	3	-
5522,461	I	8	-	5397,131	I	400	50
5514,631	-	50	10	5393,182	I	150	10
5506,782	I	150	10	5391,475	-	25	-
5505,885	I	9 h	-	5389,461	-	60	-
5501,469	I	150	-	5387,5	-	2	-
5497,519	I	150	5	5386,342	-	3	-
5494,462	-	2	-	5383,371	-	400 h	40
5493,511	I	4	-	5379,577	-	35	-
5487,775	I	10 h	-	5378,858	-	5	-
5487,138	I	50	5	5376,849	I	5	-
5483,116	I	15	-	5373,712	I	15	-
5481,459	I	5	-	5371,493	-	700	-
5481,252	I	5	-	5369,957	-	150 h	20 h
5480,873	I	10	-	5367,46	-	200 h	15 h
5478,473	I	2	-	5365,405	-	40	-
5476,578	I	80	-	5364,883	-	200 h	10 h
5476,295	-	12	-	5362,864	II	-	15
5474,917	-	100	-	5362,751	-	6	-
5473,92	I	100	-	5353,389	I	60	2
5472,729	I	7	-	5349,736	I	4 h	-
5466,947	-	-	5	5343,470	I	12 h	-
5466,407	I	25	-	5341,026	I	200	15
5464,279	-	6	-	5339,938	I	200	30
5463,283	I	100	-	5333,3	-	3	-
5462,969	I	50	-	5329,999	-	15	-
5457,651	-	18	2	5328,534	I	150	35
5455,613	I	300	30	5328,05	I	400	100
5455,433	I	50	-	5326,157	-	6	-
5449,779	-	10	-	5325,563	II	-	4

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
5324,182	I	400	70	5217,924	—	6	—
5322,054	I	30	—	5217,398	I	150	3
5321,113	—	8 h	—	5216,278	I	300	10
5320,048	—	6	—	5215,185	I	200	5
5316,609	II	—	150	5208,601	I	200	8
5315,07	I	5 h	—	5204,583	I	125	—
5307,365	I	125	—	5202,339	I	300	10
5303,419	II	25	25	5198,837	—	10	—
5302,314	I	300	—	5198,714	I	80	—
5298,780	—	12	—	5197,59	II	—	10
5293,973	—	8	—	5196,098	—	25 h	—
5290,85	I	15	—	5195,478	I	100	—
5288,53	—	30	—	5194,948	I	200 h	15
5287,922	—	100	20	5192,357	I	400	50
5284,416	—	2	—	5191,467	I	400	35
5284,092	II	—	70 h	5184,292	I	20	—
5283,626	I	400	40	5180,058	—	10	—
5281,799	I	300	20	5178,78	—	2	—
5280,36	—	15	—	5177,239	—	4	—
5275,994	II	2	15	5171,599	I	300	60 h
5273,378	I	50	4	5170,75	—	4	—
5273,17	I	80	4	5169,027	II	2	200 h
5270,36	I	400	80	5168,901	I	80	—
5269,541	I	800	200	5167,491	I	700	150
5266,579	I	500	40	5166,296	I	125	—
5266,03	I	6 h	—	5165,424	I	50	—
5264,796	II	—	4	5164,614	—	70 h	—
5263,874	—	7	—	5162,288	I	300 h	—
5263,33	I	300	—	5159,053	—	35 h	—
5254,961	I	50	—	5151,914	I	70	—
5253,48	I	70	—	5150,843	I	150	—
5251,971	—	12	—	5148,258	I	35	—
5250,65	I	150	—	5148,052	I	20	—
5250,211	I	30	—	5145,098	I	10	—
5249,09	I	4	—	5142,94	I	125	—
5247,063	I	50	10	5142,54	I	100 h	—
5243,789	I	20	—	5141,747	I	100	100 h
5242,495	—	125	—	5139,48	I	200	40
5238,09	—	4 h	—	5139,26	I	125	—
5236,197	—	6	—	5137,388	I	200 h	—
5235,39	I	35	—	5136,795	II	3	100
5234,627	II	—	5	5133,68	I	200 h	1 h
5232,94	I	800	150	5131,474	I	125	—
5229,867	I	200	15	5129,658	I	4	—
5228,413	—	15 h	6 h	5127,363	I	100	—
5227,192	I	400	60	5126,213	I	5 h	—
5226,875	I	200	15	5125,13	I	100 h	—
5225,531	I	60	—	5123,723	I	200	—
5223,193	—	6	—	5110,414	I	300	—

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
5107,645	I	2	—	4995,627	—	3	60
5107,452	I	100	—	4994,133	I	200	—
5106,441	—	25	—	4991,277	I	80	—
5102,2	I	80	—	4990,462	—	5	—
5098,71	I	200	—	4988,963	I	100 h	—
5096,995	I	35 h	—	4985,559	I	100	—
5090,789	I	40 h	—	4985,26	I	100	—
5086,765	—	2	100	4983,855	I	200 h	—
5083,342	I	200	—	4983,258	I	100 h	—
5079,753	I	100	—	4982,507	—	200	—
5079,236	I	100	—	4978,606	I	80	—
5078,993	I	20 h	—	4973,108	I	100	—
5076,28	—	3 h	—	4970,496	—	20	—
5074,76	I	80	—	4969,927	—	50	—
5073,56	—	—	20 h	4968,709	—	3	—
5070,957	—	1	70	4966,096	I	300	1
5068,786	I	400	200	4962,564	—	10 h	—
5065,201	—	15	—	4961,91	—	2	—
5065,016	I	25 h	—	4957,609	I	300	150
5060,079	I	2	—	4957,307	I	100	20
5054,647	—	3	—	4952,646	I	5 h	—
5051,636	I	200	—	4950,105	—	—	10
5049,825	I	400	1	4946,639	—	1	50
5048,454	I	50	—	4946,4	I	5	40
5044,221	I	25	—	4939,69	—	150	2
5041,759	I	300	—	4939,244	I	10 h	—
5041,081	I	125	—	4938,817	I	300	1
5039,261	I	100	2 h	4938,183	I	100	—
5030,784	II	1	125	4934,023	I	40	—
5028,137	—	100	—	4933,627	—	2	70
5027,212	—	60	—	4933,348	—	50	30
5027,136	I	60	—	4930,331	I	25	—
5023,476	—	10	300	4927,875	—	20	—
5022,25	I	150	—	4927,447	—	50	6
5018,44	II	80	50	4925,293	I	1000 R	50 r
5014,959	I	500	—	4924,776	I	100	—
5012,071	I	300	—	4923,916	II	30	50
5011,31	—	5	—	4923,72	—	5	100
5010,852	—	50	—	4920,505	I	500	125
5010,029	—	7	—	4918,999	I	300	50
5007,288	I	25 h	—	4917,25	—	3 h	—
5006,133	I	300	5	4915,605	—	2 h	—
5005,725	—	200	—	4911,8	I	10	—
5004,99	—	7	—	4910,57	I	15	—
5004,794	—	3	100	4910,328	I	15	—
5002,809	I	20	—	4910,026	I	100	—
5001,871	I	300	40	4909,39	I	50	—
4999,117	—	4	—	4907,745	I	25	—
4997,801	—	20	300	4905,182	I	10	—

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
4903,317	I	500	2	4701,052	I	2	—
4891,498	I	70	15	4691,414	I	80	10
4890,769	I	100	15	4690,144	I	7	—
4889,009	I	2Wh	150 h	4683,566	I	6	—
4888,651	I	2	1	4680,305	I	9	—
4886,346	I	5	—	4678,852	I	150	100
4885,436	I	2	—	4673,172	I	20	2
4881,724	I	3	—	4669,184	I	15	2
4878,218	I	80	4	4668,14	I	125	10
4872,146	I	100	30	4667,459	I	150	20
4871,325	I	200	100	4661,976	I	9	—
4863,655	I	2	—	4661,537	—	2 h	—
4859,748	I	150	40	4654,624	I	10	2
4855,686	I	8	1	4654,503	I	20	3
4845,656	I	3	—	4647,437	I	125	40
4844,016	—	2	—	4643,475	I	35	2
4843,15	I	4	—	4638,018	I	80	10
4839,545	I	5	1	4637,518	I	100	10
4835,867	I	2	—	4635,852	I	12	1
4832,73	I	5	—	4635,328	II	2	—
4821,047	—	200 h	200 h	4632,918	I	70	4
4802,886	—	2	—	4630,128	I	10	2
4800,656	—	15	—	4629,328	II	7	8
4791,248	I	200	200 R	4625,055	I	100	12
4789,654	I	100	—	4619,298	I	100	8
4788,753	I	40	—	4618,765	I	10	1
4786,81	I	150	—	4613,219	I	30	2
4772,817	I	10	4	4611,289	I	200	25
4768,397	I	3	—	4607,654	I	50	5
4768,34	—	6	—	4602,944	I	300	100
4757,582	I	3	—	4602,01	I	20	2
4747,48	—	30	25 h	4598,135	I	50	4
4745,806	I	8	1	4596,062	I	10	2
4741,533	I	12	1	4595,365	—	15	2
4736,78	I	125	50	4592,655	I	200	50
4735,848	—	10	1	4587,136	—	12	2
4733,596	I	15	1	4584,824	I	8	1
4731,492	II	5	1	4583,848	II	150	150
4729,699	I	25	25	4582,835	II	1	1
4728,56	I	20	1	4581,522	I	60	2
4727,407	I	10	—	4580,6	I	6	—
4714,074	—	50	50	4576,331	II	3	2
4710,286	I	20	2	4574,722	I	12	1
4709,098	I	20	2	4574,503	—	7	3
4708,96	—	50	50	4568,777	I	10	1
4707,489	I	3	—	4566,52	—	5	1
4707,281	I	100	12	4565,667	I	8	1
4705,464	—	2	—	4565,329	—	6	—
4704,963	—	10	1	4560,096	I	20	—

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
4556,125	I	150	35	4458,107	I	30	1
4555,895	II	12	12	4455,258	—	2	3
4552,549	—	10	1	4455,035	I	20	1
4550,795	—	50	—	4454,383	I	200	80
4549,47	II	100	100	4451,545	—	2	4
4547,851	—	200	100	4450,311	I	12	2
4547,026	I	7	1	4449,214	II	2	4
4542,424	—	3	1	4447,722	I	200	100
4541,523	II	2	2	4446,842	I	10	10
4534,166	II	3	1	4443,197	I	200	100
4531,652	I	8	1	4442,343	I	400	200
4531,152	I	125	—	4439,885	I	6	1
4529,676	—	10	2	4438,353	I	10	1
4529,563	I	6	—	4436,93	I	15	2
4528,619	I	600	200	4435,152	I	70	3
4526,419	—	10	1	4433,786	I	30	2
4525,146	I	100	50	4433,221	I	150	20
4522,634	II	60	50	4432,573	—	5	1
4520,236	II	40	30	4430,618	I	200	8
4517,53	I	30	3	4430,207	I	10	1
4515,345	II	10	10	4427,312	I	500	200
4508,285	II	40	30	4422,57	I	300	125
4504,849	I	6	—	4419,543	—	8	1
4502,598	—	3	—	4416,817	II	—	7
4495,966	I	7	—	4415,125	I	600	400
4494,568	I	400	150	4410,714	—	20	—
4491,406	II	2	2	4408,419	I	125	60
4490,765	I	40	1	4407,716	I	100	50
4490,087	I	40	1	4404,752	I	1000	700
4489,741	I	100	12	4401,45	I	7	2
4489,185	II	2	2	4401,3	I	60	15
4488,918	I	3	1	4400,351	—	20	1
4488,132	I	7	—	4395,286	I	80	—
4485,68	I	50	2	4390,954	I	100	35
4484,225	I	125	40	4389,247	I	35	2
4482,752	I	20	2	4388,411	I	125	50
4482,258	I	150	70	4387,897	I	150	35
4482,172	I	150	70	4385,381	II	4	10
4480,144	I	10	2	4384,699	I	5	2
4479,622	I	15	2	4383,547	I	1000	800
4476,022	I	500	300	4382,773	—	10	10
4472,721	—	10	1	4376,783	I	7	1
4469,38	I	200	100	4375,932	I	500	200
4466,94	—	7	—	4373,566	I	50	3
4466,554	I	500	300	4369,774	I	200	100
4464,776	I	35	3	4367,906	I	60	70
4461,654	I	300	125	4367,582	I	100	50
4461,224	I	5	1	4358,505	I	70	20
4459,121	I	400	200	4357,574	—	2	3

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
4352,737	I	300	150	4264,74	I	12	2
4351,762	II	30	30	4264,215	I	35	4
4351,552	I	30	5	4260,479	I	400	300
4348,939	I	8	2	4260,134	I	7	3
4347,851	I	5	2	4260,003	I	15	5
4346,556	—	50	10	4258,958	I	8	2
4343,705	—	12	2	4258,614	I	12	2
4343,257	—	20	3	4258,324	I	60	4
4337,049	I	400	150	4258,155	II	2	2
4330,959	—	5	—	4256,223	I	4	1
4330,155	—	10	2	4255,852	—	2	1
4327,098	—	100	50	4255,499	—	5	2
4326,76	I	10	4	4254,938	—	2	1
4325,765	I	1000	700	4253,93	—	2	1
4321,8	—	20	4	4250,79	I	400	250
4320,84	—	3 h	1 h	4250,13	I	250	150
4319,717	II	1	1	4191,436	I	200	100
4315,087	I	500	300	4189,564	—	3	—
4314,289	II	3	3	4187,801	I	200	150
4309,38	I	125	70	4187,589	—	3	1
4309,039	—	40	20	4187,044	I	250	200
4307,906	I	1000 R	800 R	4184,895	I	100	80
4305,455	I	100	50	4182,386	I	80	30
4303,168	II	12	15	4181,757	I	200	150
4302,192	I	50	10	4178,868	II	10	10
4299,241	I	500	400	4178,051	—	3	1
4298,04	I	100	400	4177,596	I	100	25
4296,585	II	2	2	4176,572	I	100	50
4294,128	I	700	400	4175,64	I	100	80
4292,29	I	15	—	4174,917	I	100	25
4291,466	I	125	20	4173,926	I	50	5
4290,868	I	20	2	4173,475	II	8	8
4290,381	—	35	5	4173,323	I	25	5
4288,965	I	5	1	4172,75	I	60	10
4288,154	I	50	6	4172,652	I	3	1
4286,992	I	10	1	4172,127	—	80	50
4286,889	—	2	1	4171,7	—	8	2
4286,437	I	3	1	4170,906	I	80	40
4285,445	—	125	50	4169,773	I	3	—
4282,406	I	600	300	4168,946	—	10	1
4279,48	I	5	1	4167,96	—	10	2
4276,678	I	10	1	4167,862	—	8	2
4273,87	I	10	2	4165,42	—	12	2
4273,317	II	3 h	2 h	4163,676	I	12	1
4271,764	I	1000	700	4161,492	—	15	—
4271,161	I	400	300	4161,08	I	10	—
4268,758	—	30	10	4158,798	I	100	25
4267,83	—	125	60	4157,791	I	150	80
4266,968	I	70	30	4156,803	I	100	80

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
4156,681	I	2	—	4104,128	I	100	25
4154,812	I	100	8	4101,679	I	5	2
4154,503	I	100	80	4101,274	I	40	10
4154,108	—	3	—	4100,743	I	80	30
4153,91	I	120	100	4100,166	—	10	1
4153,405	—	1	1 h	4098,187	I	100	40
4152,17	I	70	5	4097,112	I	4	1
4151,955	—	4	1	4096,97	—	2	—
4150,264	I	50	2	4095,976	I	80	40
4149,37	I	100	35	4092,287	—	6	1
4147,673	I	200	100	4091,562	I	8	3
4146,07	I	15	3	4090,077	I	2	—
4143,871	I	400	250	4089,222	I	10	2
4143,42	I	200	100	4088,577	—	7	2
4141,867	I	15	5	4087,103	I	50	5
4139,923	I	40	30	4086,0	—	2	—
4137,004	—	100	80	4085,324	I	100	70
4134,681	I	150	100	4085,008	I	80	30
4134,425	I	10	3	4084,499	I	120	80
4134,34	I	2	—	4083,78	I	15	2
4133,862	I	50	7	4083,554	I	10	2
4132,06	I	300	200	4082,117	I	10	2
4130,04	I	20	3	4080,887	—	5	1
4129,22	—	5	1	4080,221	I	60	10
4128,735	II	2	2 h	4079,845	I	80	40
4127,803	—	25	15	4078,358	I	80	40
4127,712	I	100	80	4076,803	—	8	1
4126,88	I	8	1	4076,637	I	80	50
4126,19	I	80	60	4076,502	I	2	1
4125,883	I	25	15	4076,222	I	2	1
4125,621	—	80	30	4075,937	—	5	5
4123,745	—	80	20	4074,791	I	80	40
4122,51	I	70	30	4073,775	I	80	20
4121,806	I	100	40	4073,45	II	8	8
4120,211	—	80	35	4072,509	I	2	1
4119,394	—	2	1	4071,74	I	300	200
4118,903	I	2	1	4070,779	I	50	20
4118,549	—	200	100	4070,277	—	2	—
4117,863	I	6	1	4069,883	II	1	1
4114,957	—	10	2	4067,982	I	150	100
4114,449	I	80	50	4067,275	I	80	70
4112,966	—	70	10	4066,979	I	100	80
4112,347	I	6	1	4066,59	—	40	20
4109,808	I	120	100	4065,392	I	15	6
4109,072	I	12	2	4064,45	I	2	1
4107,492	I	120	100	4063,597	I	400	300
4106,439	I	10	2	4063,284	I	10	10
4106,265	I	6	1	4062,444	I	120	100
4104,95	—	4 h	4 h	4061,955	—	3	1

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
4061,11	—	3	1	4010,947	I	2	1
4059,721	—	15	8	4009,717	I	120	100
4058,76	I	40	10	4008,873	—	5	1
4058,229	—	80	25	4007,273	I	80	50
4057,346	I	20	3	4006,761	I	7	2
4055,039	I	40	10	4006,631	—	20	15
4054,883	I	25	5	4006,315	—	60	35
4054,833	I	25	5	4005,246	I	250	200
4054,183	I	2	—	4004,843	—	10	7
4053,273	—	6	2	4003,767	—	30	80
4052,664	I	3	1	4002,663	I	2	—
4052,307	I	2	—	4001,667	I	80	50
4051,903	—	10	2	4000,452	—	35	10
4050,688	—	5	—	4000,266	I	8	1
4049,87	—	30	3	3998,055	I	150	100
4049,331	I	10	2	3997,396	I	300	150
4047,31	I	3	—	3996,972	—	40	20
4045,815	I	400	300	3995,989	I	60	20
4044,611	I	70	35	3995,2	—	10	—
4043,905	I	25	7	3994,121	—	25	10
4041,285	—	5	2	3993,106	—	2	—
4040,644	—	20	7	3990,379	—	70	25
4040,096	—	1	2	3989,86	—	30	5
4038,805	—	2	—	3989,01	—	15 Wh	1 Wh
4032,63	I	80	15	3986,172	I	125	8
4032,469	I	4	1	3985,388	—	125	40
4031,965	—	80	50	3984,935	—	2	—
4031,243	I	2	—	3983,962	I	200	125
4030,492	I	120	60	3981,774	I	150	100
4030,194	I	20	4	3981,104	I	2	—
4029,636	I	80	25	3979,641	—	6	—
4028,777	—	2	—	3978,464	I	6	1
4024,739	I	120	30	3977,744	I	300	150
4024,104	I	8	2	3976,864	I	30	10
4022,744	I	3	—	3976,614	—	8	35
4021,87	I	200	100	3976,562	—	2	1
4021,618	I	2	—	3976,39	—	3	1
4020,487	—	2	—	3975,842	—	8	1
4018,275	I	50	7	3975,21	I	4	—
4017,153	I	80	50	3974,764	I	8	—
4017,093	I	5	—	3974,398	I	10	1
4016,429	I	15	4	3973,654	—	40	10
4014,534	—	200	100	3973,264	—	2	—
4014,271	I	3	1	3971,811	I	2	—
4013,824	—	200	—	3971,329	I	200	125
4013,795	I	80	40	3970,394	—	50	30
4013,647	I	8	1	3970,263	—	5	2
4011,728	I	2	—	3969,633	—	5	5
4011,412	I	5	1	3969,261	I	600	400

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
3968,37	—	2	—	3933,605	I	200	200
3967,969	I	60	15	3932,921	—	8	4
3967,423	—	125	100	3932,63	I	80	40
3966,629	I	80	40	3932,27	—	3	—
3966,518	I	4 h	1	3931,123	I	35	15
3966,066	I	100	70	3930,299	I	600	400
3965,513	I	10	3	3929,212	—	15	8
3964,52	I	80	25	3929,124	—	10	5
3963,109	I	125	50	3928,083	I	15	15
3962,722	—	2	—	3927,922	I	500	300
3962,353	I	7	1	3926,836	—	5	1
3961,145	I	25	7	3925,947	I	50	30
3960,895	—	3	3 h	3925,646	I	80	50
3960,285	—	30	6	3925,2	I	15	3
3958,74	—	2 h	—	3924,179	—	2	—
3958,4	—	2	—	3923,97	—	2	—
3957,03	—	50	15	3922,914	I	600	400
3956,681	I	150	150	3921,26	—	2	—
3956,46	—	100	100	3921,18	—	2 h	—
3955,96	—	10	5	3920,84	I	7	2
3955,354	I	25	5	3920,26	I	500	300
3954,715	—	2	—	3919,07	I	15	7
3953,861	—	8	2	3918,646	I	60	40
3953,155	I	80	40	3918,42	—	15	10
3952,702	I	8	1	3918,32	I	20	10
3952,606	I	80	50	3917,185	I	150	70
3951,168	—	150	125	3916,733	—	100	80
3949,957	I	150	100	3914,281	I	15	3
3949,15	—	4	1	3913,635	I	100	25
3948,779	—	150	100	3913,21	—	2 h	1 h
3948,107	I	125	50	3912,448	—	2 h	1 h
3947,532	I	70	20	3912,05	—	5 Wh	5 Wh
3947,391	I	1	—	3911,699	—	1	—
3947,005	I	50	20	3911,001	—	6	2
3945,126	—	30	10	3910,844	I	30	10
3944,896	I	15	8	3909,835	I	40	12
3943,594	—	2 h	—	3909,669	I	20	5
3943,348	I	40	8	3907,937	—	100	60
3942,443	I	100	70	3907,675	—	2	1
3941,28	I	60	10	3907,470	—	15	6
3940,882	I	150	80	3906,751	—	10	10
3940,044	—	2	—	3906,482	I	300	200
3938,969	II	4	4	3906,037	II	2 W	2 W
3938,02	—	3	—	3904,63	—	2	—
3937,332	I	80	35	3903,9	I	100	80
3935,953	II	2	1	3902,948	I	500	400
3935,815	I	100	8	3900,519	I	60	3 d
3935,306	I	40	8	3899,709	I	500	300
3934,23	—	2	—				

Длины волн линий меди

Таблица VI

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
7000,05	I	3 h	—	6481,46	II	—	15
6968,34	I	3	—	6479,64	—	—	2
6935,82	I	8	—	6474,2	I	15	—
6920,06	I	100	—	6470,152	II	—	50
6905,94	I	40	—	6466,6	II	—	3
6890,9	I	8	—	6457,54	II	—	3
6889,92	I	8	—	6448,49	II	—	10
6881,94	I	8	—	6443,47	II	—	5
6872,43	II	—	3	6441,698	II	—	40
6840,99	I	3	—	6432,78	II	—	3
6835,46	I	3	—	6427,57	I	3	—
6823,4	II	—	3	6423,9	II	—	30
6821,86	I	3 h	—	6415,18	II	3	—
6809,9	II	—	4	6414,62	II	—	20
6806,6	II	—	4	6411,18	II	—	10
6780,4	II	—	3	6403,7	II	—	5
6775,64	I	8	—	6400,59	—	3	—
6770,7	II	—	8	6377,84	II	—	20
6758,55	II	—	8	6373,27	II	—	5
6749,97	II	—	3	6358,09	I	8	—
6749,29	I	8	—	6357,45	II	—	15
6741,42	I	50	—	6326,1	—	—	3
6737,64	II	—	5	6325,45	I	20	—
6672,23	I	15	—	6318,	II	—	3
6660,99	II	—	8	6312,83	II	—	20
6649,22	II	—	2	6311,292	II	—	30
6641,41	II	—	10	6305,956	II	—	15
6634,7	I	3 h	—	6300,988	II	—	40
6631,85	II	—	2	6292,86	I	8	—
6629,67	I	3	—	6288,72	II	—	5
6624,29	II	—	8	6276,708	II	—	10
6621,61	I	20	—	6276,624	II	—	10
6599,68	I	25	—	6273,33	II	—	60
6583,54	I	8	—	6268,3	I	40	—
6565,54	I	15	—	6261,826	II	—	40
6564,5	II	—	10	6257,86	II	—	5
6555,05	II	—	5	6253,37	I	3	—
6551,58	II	—	2	6233,79	I	3	—
6550,98	I	3	—	6223,66	I	15	—
6544,51	I	3	—	6220,94	I	8	—
6541,93	II	—	2	6219,818	II	—	30
6530,3	II	—	8	6216,91	II	—	60
6524,12	II	—	2	6216,38	I	8	—
6506,14	I	8	—	6208,46	II	—	15
6494,04	II	—	30	6204,27	II	—	15
6485,18	I	8	—	6198,11	II	—	5
6484,46	II	—	20	6188,69	II	—	20

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
6186,86	II	—	20	5761,37	II	—	2 h
6172,02	II	—	20	5759,43	II	—	5 h
6165,7	I	3 h	—	5721,78	II	—	20
6158,0	II	—	5	5700,24	I	350	—
6154,24	II	—	30	5692,41	II	—	2
6150,42	II	—	20	5689,86	II	—	5
6147,31	I	20	—	5682,42	II	—	20
6127,73	I	80	—	5664,47	II	—	3
6119,55	—	25	—	5641,3	II	—	20
6114,468	II	—	20	5635,57	II	—	2
6110,9	II	—	5	5633,14	II	—	3
6107,45	II	—	10	5615,2	II	—	5
6105,97	II	—	5	5593,73	II	—	5
6100,01	II	—	5	5554,94	I	5	—
6097,33	II	—	10	5543,48	II	—	2
6080,32	II	—	30	5534,98	II	—	3
6072,25	II	1 h	5	5482,65	II	—	3
6064,69	I	3	—	5469,63	II	—	3
6062,73	—	3	—	5437,36	II	—	2 h
6032,33	I	8	—	5393,96	II	—	3
6023,25	II	—	10	5390,45	II	—	5
6013,4	II	—	8	5376,85	II	—	3
6000,104	II	—	40	5368,42	II	—	10
5995,59	II	—	10	5365,62	II	—	5
5993,27	II	—	8	5352,68	I	6	—
5988,3	II	—	25	5328,81	—	—	3
5979,2	II	—	3	5292,517	I	50	—
5941,168	II	—	50	5276,522	II	—	15
5937,59	II	—	5	5269,988	II	—	30
5926,9	II	—	3	5245,36	II	—	10
5901,21	II	—	5	5229,58	II	—	3
5897,986	II	—	25	5220,07	I	100	—
5858,63	II	—	5	5218,202	I	700	—
5851,93	II	—	2	5212,78	I	4	—
5842,67	II	—	4	5207,128	II	—	20
5833,68	II	—	5	5200,87	I	5 wh	—
5826,02	II	—	10	5183,364	II	—	20
5806,0	II	—	25	5175,89	II	—	2
5782,132	I	1000	—	5158,09	II	—	10

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
5153,235	I	600	—	4951,627	II	—	5
5144,12	I	5 wh	—	4943,02	II	—	6
5124,461	II	—	20	4940,06	II	—	2 h
5120,745	II	—	20	4937,967	II	—	5
5111,913	I	15	—	4937,196	II	—	6
5108,331	II	—	3	4931,653	II	—	25
5105,541	I	500	—	4931,483	II	—	6
5100,08	II	—	10	4926,39	II	—	6
5092,792	II	—	20	4920,031	II	—	3
5088,932	II	—	10	4918,373	II	—	10
5088,487	II	—	10	4915,821	II	—	5
5088,26	II	—	30	4912,909	II	—	6
5083,991	II	—	15	4912,369	II	—	5
5077,805	II	—	5	4909,726	II	—	25
5076,173	I	2 h	—	4909,032	II	—	2
5072,293	I	—	20	4906,548	II	—	6
5067,082	II	—	30	4901,412	II	—	7
5065,448	II	—	40	4889,69	II	—	10
5060,635	II	—	30	4873,291	II	—	5
5058,897	II	—	30	4854,966	II	—	10
5051,778	II	—	60	4851,248	II	—	5
5047,343	II	—	10	4832,236	II	—	10
5041,322	II	—	10	4812,94	II	—	15
5039,002	II	—	10	4807,039	II	—	4
5030,778	II	—	2	4797,042	I	12	1 h
5024,027	II	—	5	4793,8	—	5 wh	2 wh
5021,285	II	—	20	4766,729	II	—	2
5020,139	II	5	—	4758,421	II	—	10
5016,611	I	15	—	4704,596	I	200	50
5015,207	II	—	10	4697,49	I	60w	5 w
5012,611	II	—	20	4687,77	II	—	2
5009,833	II	—	20	4681,99	II	—	20
5006,787	II	—	30	4674,76	II	200	30 w
4985,503	II	—	10	4673,555	II	—	6
4980,006	II	—	4	4671,693	II	—	10
4974,151	II	—	4	4667,297	II	—	5
4973,689	II	—	4	4662,634	II	—	5
4955,464	II	—	2	4661,35	II	—	3
4953,729	II	—	15	4660,294	II	—	2
				4651,134	I	250	40

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
4649,266	II	—	60	4227,936	II	—	7
4608,457	II	—	2	4211,861	II	1 h	6
4597,936	II	—	2	4179,508	II	1 h	6
4596,903	II	—	4 w	4177,758	I	60 w	1
4586,954	I	250 w	80 w	4171,854	II	—	5
4555,922	II	2	70	4164,283	II	—	3 h
4541,032	II	—	5	4162,298	II	—	2
4540,335	—	—	3	4161,155	II	—	6
4540,207	—	—	2	4153,623	II	—	2 h
4539,695	I	100 w	80 w	4143,039	II	—	2 wh
4530,819	I	200	50	4141,296	II	—	3
4516,05	II	—	2	4123,287	I	30 w	1 h
4513,2	I	3	1	4121,74	I	20	—
4509,388	I	155	30	4104,226	I	30 w	1 h
4507,5	I	50 w	30 wh	4080,553	I	30	—
4505,997	II	1	50	4077,716	—	5	—
4480,359	I	200	20	4075,588	I	40	—
4444,823	II	—	2 wh	4073,27	I	15	—
4415,6	I	40 w	—	4063,293	I	30 w	7
4378,43	II	—	2	4062,698	I	500 w	20
4378,2	I	200 w	30 w	4056,7	I	8 wh	—
4365,362	II	—	6	4053,651	II	—	2 h
4336,0	I	2	—	4050,656	I	30	—
4328,68	I	2	—	4043,751	II	—	10
4292,469	II	—	6	4043,502	II	—	25
4285,239	II	2	4	4022,657	I	400	25
4279,959	II	—	5	4015,815	I	7 wh	—
4276,039	II	—	6	4010,85	I	6	—
4275,131	I	80	30	4003,038	I	40	1 h
4259,43	I	25 wh	2 wh	3993,291	II	—	4 h
4253,34	I	7 wh	—	3987,012	II	—	3
4248,957	I	80	15	3945,57	II	—	2
4242,26	I	20	—	3932,917	I	10	—
4239,448	II	—	6	3925,274	I	50	2 h
4231,364	II	—	8	3923,439	II	2	1 h
4230,444	II	—	3	3921,267	II	40	1 h
4228,8	—	3	—	3920,641	II	—	2

Таблица VII

Длины волн линий алюминия [21]

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
6919,96	II	—	(25)	5635,15	—	10	—
6917,84	II	—	(25)	5613,19	II	—	(15)
6823,38	II	—	(10)	5593,23	II	—	(200)
6816,83	II	—	(5)	5557,904	I	15	—
6775,97	II	—	(2)	5557,02	I	15	—
6698,78	—	10	—	5388,48	II	—	(5)
6696,39	II	10	(2)	5371,84	II	—	(50)
6695,97	I	—	(50)	5324,61	II	—	(25)
6495,45	II	—	(2)	5316,07	II	—	(70)
6335,7	II	—	(25)	5312,32	II	—	(35)
6245,05	—	—	(5 wh)	5310,76	II	—	(10)
6243,36	II	—	(80)	5285,85	II	—	(50)
6231,76	II	—	(35)	5283,77	II	—	(100)
6226,19	II	—	(25)	5280,21	II	—	(50)
6201,49	II	—	(15)	5278,62	II	—	(15)
6183,39	II	—	(20)	5277,68	II	—	(10)
6182,28	II	—	(15)	5276,81	II	—	(10)
6181,57	II	—	(10)	5276,42	II	—	(10)
6176,36	—	5 h	—	5158,187	II	—	(5)
6073,17	II	—	(15)	5145,654	II	—	(8)
6068,53	II	—	(30)	5144,998	II	—	(5)
6068,43	II	—	(60)	5144,875	II	—	(2)
6066,4	II	—	(2)	5144,413	II	—	(2)
6061,06	II	—	(2)	5100,34	II	—	(5)
6006,42	II	—	(30)	5093,65	II	—	(10)
6001,88	II	—	(50)	5085,02	II	—	(25)
6001,76	II	—	(60)	5000,97	II	—	(15)
6001,18	II	—	(5)	4962,1	II	15	3
5999,83	II	—	(10)	4918,98	II	—	(20)
5999,7	II	—	(10)	4902,77	II	—	(30)
5971,94	II	—	(35)	4899,64	II	—	(15)
5867,81	II	—	(15)	4898,76	II	—	(30)
5861,53	II	—	(25)	4898,52	II	—	(8)
5853,62	II	—	(35)	4879,0	—	—	5 wh
5722,65	—	—	10 h	4774,3	II	—	(2)
5696,47	—	—	15 h	4701,296	—	—	6
5651,69	—	10	—	4666,8	II	—	(5)

Продолжение

Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состояние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
4655,05	II	—	(2)	4240,75	II	—	(15)
4653,0	II	—	(2)	4227,982	II	—	(20)
4650,646	II	—	(6)	4227,923	II	—	(6)
4650,544	II	—	(8)	4227,861	II	—	(2)
4640,384	II	—	(18)	4227,5	II	—	(30)
4640,362	II	—	(20)	4227,406	II	—	(8)
4639,833	II	—	(6)	4226,809	II	—	(35)
4639,725	II	—	(8)	4202,4	II	—	(8)
4639,326	II	—	(2)	4168,516	II	—	(2)
4636,384	II	—	(4)	4168,421	II	—	(4)
4635,7	II	—	(4)	4160,263	II	—	(15)
4633,2	II	—	(2)	4160,239	II	—	(12)
4631,5	II	—	(2)	4159,809	II	—	(4)
4629,7	II	—	(4)	4159,725	II	—	(6)
4609,7	II	—	(4)	4159,45	II	—	(4)
4589,75	II	—	(20)	4159,407	II	—	(2)
4589,689	II	—	(4)	4056,8	II	—	(2)
4588,194	II	—	(30)	4039,302	II	—	(2)
4588,082	II	—	(2)	4031,633	II	—	(2)
4585,82	II	—	(40)	4031,135	II	—	(2)
4529,49	—	—	5	4030,867	II	—	(8)
4510,84	—	—	6 <i>h</i>	4026,5	II	—	(30)
4489,87	II	—	(2)	4009,58	II	—	(4)
4447,8	II	—	(15)	3996,381	II	—	(10)
4432,82	II	—	(4)	3996,323	II	—	(2)
4356,807	II	—	(6)	3996,182	II	—	(2)
4356,711	II	—	(7 <i>w</i> h)	3996,159	II	—	(18)
4347,802	II	—	(18)	3996,075	II	—	(2)
4347,785	II	—	(20)	3995,86	II	—	(30)
4347,316	II	—	(6)	3983,7	II	—	(2)
4347,223	II	—	(8)	3961,527	I	3000	2000
4346,918	II	—	(4)	3946,406	II	—	(2)
4346,866	II	—	(2)	3944,032	II	2000	1000
4331,995	II	—	(2)	3939,066	II	—	(2)
4307,165	II	—	(20)	3938,621	II	—	(2)
4282,97	II	—	(2)	3900,68	II	—	(200)

Таблица VIII

Длины волн линий цинка [21]

Длина волны в Å	Состоя- ние атома	Интенсивность		Длина волны в Å	Состоя- ние атома	Интенсивность	
		дуга	искра			дуга	искра
6943,202	I	3	—	5357,458	II	6	(3)
6938,472	I	8	—	5311,02	I	7	—
6928,319	I	15	—	5310,241	I	7	—
6831,21	II	—	(8)	5308,648	I	8	—
6825,87	II	—	(9)	5181,995	I	200	2
6483,27	II	—	(30)	5069,577	I	15	—
6482,98	II	4	(15)	5068,655	I	7	—
6479,155	I	10	—	4924,043	II	15	(30)
6470,98	—	4	—	4911,664	I	15	(25)
6362,347	I	1000 wh	500	4810,534	I	400	300 h
6239,182	I	8	—	4722,159	I	400	300 h
6237,891	I	8	—	4680,138	I	300	200 h
6214,59	II	3	(12)	4629,914	I	35	—
6111,56	II	8	(10)	4300,81	—	—	(25)
6102,54	II	6	(20)	4298,327	I	25	25
6021,26	II	3	(15)	4292,99	II	—	(2)
5937,71	I	5	—	4292,885	I	25	25
5894,351	II	3	(30)	4119,38	II	—	(7)
5777,112	I	10	15	4113,21	I	10	—
5775,501	I	4	—	4101,665	—	5	—
5772,102	I	4	—	4078,14	II	—	(5)
5586,22	II	—	4	4057,71	II	80	—
5585,21	II	12	1	3989,23	II	—	(100)
5577,745	II	6	2	3965,432	I	15	—

Таблица IX
Последние линии [3]

Длина волны в Å	Элем-мент	Интенсивность		Следую-щая линия	Длина волны в Å	Элем-мент	Интенсивность		Следую-щая линия
		дуга	искра				дуга	искра	
3902,96	Mo I	10 R	10	4381,66	4102,38	Y I	9 R	8	4142,37
3905,52	Si I	10	5	6346,69	4104,89	La	5	1	4123,23
3907,54	Sc I	10	6	3911,89	4105,17	V I	10	4	4111,79
3911,89	Sc I	10	6	4020,42	4110,54	Co I	7	10	4118,78
3922,98	Pt	8	10	3966,36	4111,79	V I	10 R	2	4116,7
3933,67	Ca II	10 R	10 R	3968,48	4116,7	V I	10 R	7	4128,07
3944,03	Al I	10 R	8 R	3961,54	4118,78	Co I	8 R	10	4121,33
3949,1	La	10	10	3988,52	4121,33	Co I	10 R	10 R	4780,0
3951,15	Nd	9	8	4156,16	4123,23	La	9	10	4141,75
3956,34	Ti I	10	4	3958,21	4128,07	V I	10	10	4132,0
3958,21	Ti I	10	5	3964,27	4129,72	Eu	10	10	4205,03
3961,52	Al I	10 R	8 R	6231,76	4130,68	Ba II	8 R	10 R	4132,44
3964,27	Ti I	7	3	3981,77	4132,0	V I	10 R	10	4134,47
3966,36	Pt	8	6	5227,64	4132,44	Ba	5	3	4467,14
3968,48	Ca II	10 R	10 R	4226,73	4134,47	V I	9	10	4379,24
3981,77	Ti I	10	3	3989,76	4141,75	La II	10	10	4333,8
3982,6	Y	10	10	4102,38	4142,87	Y I	8 R	8 R	4177,52
3988,52	La II	10	10	3995,75	4148,4	Li I	1	—	4273,33
3989,76	Ti I	10	6	3998,64	4156,16	Nd	10	10	4177,34
3995,0	N II	—	—	—	4165,61	Ce	9	10	4186,6
3995,75	La	10	5	4025,87	4168,04	Pb	3 R	10 R	5005,45
3998,64	Ti I	10	6	4533,25	4172,05	Ga	10 R	10	—
4008,76	W	10	10	4294,62	4174,33	Hf	30	3	—
4012,4	Cl	10	10	4040,76	4177,34	Nd	9	10	4303,61
4019,14	Th	5	10	4381,89	4177,52	Y	10	10	4374,95
4020,42	Sc I	10	8	4023,72	4184,97	Er	4	—	4230,19
4023,72	Sc I	10	8	4246,85	4185,45	O II	—	—	—
4025,87	La	6	4	4086,71	4186,6	Ce	10	10	4306,73
4030,76	Mn I	6 R	10 R	4033,07	4189,79	O II	—	—	—
4033,01	Ga	10 R	10 R	4172,05	4201,81	Rb I	8 R	7 R	4215,58
4033,07	Mn I	8 R	10 R	4034,49	4205,03	Eu	10	10	—
4034,49	Mn I	8 R	10 R	4709,7	4212,01	Ag I	8 R	4 R	4668,54
4040,76	Ce	9	8	4165,61	4215,52	Sr II	10 R	10 R	4305,46
4044,16	K I	10 R	10 R	4047,22	4215,58	Rb I	7 R	5 R	4571,79
4045,82	Fe I	8 R	10	4383,55	4226,73	Ca I	10 R	10 R	4283,1
4046,56	Hg	10	10	4358,34	4230,19	Er	6	3	4298,9
4047,22	K I	10 R	10 R	5782,6	4246,85	Sc II	10	10	5031,03
4057,83	Pb	5 R	10 R	4168,04	4254,34	Cr I	10 R	10	4274,8
4058,97	Nb	10	10	4079,73	4257,7	Re	—	—	4513,0
4075,87	O II	—	—	—	4260,85	Os	10	5	4420,46
4077,71	Sr II	10 R	10 R	4215,52	4267,1	C II	8	10	—
4079,73	Nb	10	6	4100,97	4273,3	Li I	5	2	4603,2
4086,71	La	10	10	4104,89	4274,8	Cr I	10	10	4289,73
4093,17	Hf	6	6	4174,33	4283,1	Ca I	8 R	8 R	4289,36
4099,8	V I	10	2	4105,17	4289,36	Ca I	8 R	8 R	4302,53
4100,97	Nb	10	6	—	4289,73	Cr I	10 R	10 R	5204,54
4101,76	In I	8	10	4511,31	4294,62	W	6 R	9	4302,12

Продолжение

Длина волны в Å	Элемент	Интенсивность		Следующая линия	Длина волны в Å	Элемент	Интенсивность		Следующая линия
		дуга	искра				дуга	искра	
4298,9	Er	5	2	4301,61	4460,31	V I	10 R	10 R	4594,1
4301,61	Er	5	2	4409,3	4462,96	Nd	10	10	—
4302,12	W	8	5	5053,3	4467,14	Ba	3	1	4488,97
4302,53	Ca I	10 R	10 R	4318,65	4467,33	Sm	9	10	—
4303,61	Nd	10	10	4325,77	4488,97	Ba I	7	2	4554,04
4305,46	Sr II	5	—	4607,34	4511,31	In	10 R	10	—
4306,73	Ce	8	4	4320,73	4513,0	Re	—	—	4889,15
4318,65	Ca I	8 R	8 R	4452,44	4523,08	Ce	8	5	4527,35
4320,73	Ce	8	3	4382,18	4524,74	Sn	6	10	—
4325,77	Nd	10	5	4358,2	4527,35	Ce	10	5	4528,45
4333,8	La	10	10	4433,97	4528,47	Ce	10	5	4539,73
4333,97	La	6	8	4429,9	4528,73	Rh	20	3	4675,02
4358,2	Nd	9	8	4446,37	4533,25	Ti I	10 R	5	4981,73
4358,34	Hg I	10	—	5460,72	4538,9	Cs	—	6	4553,3
4374,82	Rh	10 R	10	4528,73	4539,73	Ce	10	5	4562,35
4374,95	Y	10	10	4643,69	4534,04	Ba II	10 R	10 R	4591,8
4379,24	V I	10 R	10 R	4384,73	4554,52	Ru	50 R	10	4584,45
4381,66	Mo	10	8	4411,71	4555,3	Cs I	10 R	4	4593,2
4381,89	Th	5	10	4391,12	4562,35	Ce	10	10	4572,28
4382,17	Ce	8	5	4523,08	4571,12	Mg I	5	2	4703,07
4383,55	Fe I	10	10	4404,75	4571,79	Rb	—	10	5724,5
4384,73	V I	10	10	4395,24	4572,28	Ce	10	10	4593,93
4390,87	Sm	10	10	4421,14	4572,69	Be I	8	1	—
4391,12	Th	5	10	4863,17	4584,45	Ru	30	8	4709,49
4395,24	V I	10	10	4400,59	4590,98	O II	—	—	—
4400,59	V I	9	10	4406,65	4591,8	Ba I	3	1	4934,99
4404,75	Fe I	8	10	5227,19	4593,2	Cs I	10 R	3	—
4406,65	V I	8 R	5 R	4408,21	4593,93	Ce	10	10	4628,15
4408,21	V I	6 R	1	4408,52	4594,1	V I	10 R	10	4851,5
4408,52	V I	6 R	10 R	4460,31	4596,19	O II	—	—	—
4409,34	Er	5	2	4419,62	4601,5	N II	—	—	—
4411,71	Mo	10	8	4434,96	4603,2	Li I	9 R	10	4971,93
4414,89	O II	—	—	—	4607,17	N II	—	—	—
4419,62	Er	8	10	4448,62	4607,34	Sr I	10 R	6	4962,25
4420,46	Os	10	10	4794,0	4613,9	N II	—	—	—
4421,14	Sm	9	5	4424,35	4621,4	N II	—	—	—
4424,35	Sm	10	10	4434,34	4628,15	Ce	10	10	—
4425,44	Ca I	10 R	10	4434,96	4630,5	N II	—	—	—
4429,9	La	10	10	4899,91	4641,83	O	—	—	—
4434,34	Sm	10	8	4467,33	4643,1	N II	—	—	—
4434,96	Mo	10	4	5506,5	4643,69	Y I	8	5	4674,84
4434,96	Ca I	10 R	10 R	4435,68	4649,2	L	—	—	—
4435,68	Ca I	8 R	8	4455,88	4668,54	Ag I	8	3	5209,04
4446,37	Nd	10	10	4451,55	4674,84	Y I	8	5	4883,69
4447,0	N	—	—	—	4675,02	Rh	20	5	4851,62
4448,21	O II	—	—	—	4675,61	Er	5	10	—
4448,62	Er	4	2	4675,61	4678,15	Cd I	10 R	10	4799,91
4451,55	Nd	10	10	4462,96	4680,14	Zn I	10 R	10	4722,16
4455,88	Ca I	8 R	8	4456,62	4685,9	Ge	5	10	—
4456,62	Ca I	4	5	5590,1	4687,8	Zr I	10	8	4710,08

Продолжение

Длина волн в Å	Элемент	Интенсивность		Следующая линия	Длина волн в Å	Элемент	Интенсивность		Следующая линия
		дуга	искра				дуга	искра	
4703,07	Mg I	10	5	5167,33	4999,51	Ti I	10	10	5007,21
4709,42	Ru	35	5	4869,15	5001,34	N	—	—	—
4709,7	Mn I	7	2	4727,46	5005,1	N	—	—	—
4710,08	Zr I	10	5	4739,48	5005,45	Pb	4	2	5201,47
4714,42	Ni I	10	8	5080,53	5007,21	Ti I	9	10	5014,25
4722,16	Zn I	10 R	10	4810,53	5014,25	Ti I	10	9	5016,17
4722,5	Bi I	10	8	5552,24	5016,17	Ti I	8	5	—
4727,46	Mn I	7	2	4739,0	5017,24	Th	8	3	5049,77
4739,0	Mn I	5	2	4754,05	5027,38	V	5	4	5492,94
4739,48	Zr I	10	5	4772,31	5031,03	Sc	7	4	5081,62
4754,05	Mn I	10	8	4762,38	5049,77	Th	7	3	—
4762,38	Mn I	9	4	4766,42	5053,3	W	10	2	5224,68
4766,42	Mn I	6	3	4783,43	5057,32	Ru	6	2	5171,02
4772,31	Zr I	8	4	4815,62	5064,61	Au I	2	3	5837,41
4780,0	Co I	5	4	4792,87	5079,68	Ce	5	2	5512,05
4783,43	Mn I	10	4	4823,52	5080,53	Ni	8	3	5081,12
4788,2	Pd	20	2	4817,52	5081,12	Ni	9	3	5476,91
4792,87	Co I	8	8	4813,48	5081,62	Sc I	7	2	5083,71
4792,62	Au	8	6	5064,61	5083,71	Sc I	6	2	5085,54
4794,0	Os	15	3	5523,55	5085,54	Sc I	5	1	5087,0
4799,91	Cd I	10 R	10	5085,82	5085,82	Cd I	10 R	10	6438,47
4810,53	Zn I	10 R	10	6362,35	5087,0	Sc I	5	1	5526,81
4813,49	Co I	8	10	4840,28	5087,42	Y II	5	5	5200,41
4815,62	Zr I	8	3	—	5105,55	Cu	7	6	5153,24
4817,52	Pd	30	2	4875,42	5153,24	Cu I	8	8	5218,21
4823,52	Mn I	10	8	6013,5	5163,82	Pd	40	1	5295,59
4840,28	Co I	8	8	4867,88	5167,33	Mg I	8 R	10	5172,68
4851,5	V I	9	8	4864,75	5171,02	Ru	40	2	5636,24
4851,62	Rh	20 R	3	5193,13	5172,68	Mg I	10 R	10	5183,6
4863,17	Th	9	8	4919,8	5183,6	Mg I	10 R	10	5528,48
4864,85	V I	10	9	4875,48	5193,13	Rh	30	3	5354,38
4867,88	Co I	8	8	—	5200,41	Y II	10	8	5205,71
4869,15	Ru	25	3	5057,32	5201,47	Pb	3	1	5608,8
4875,42	Pd	20	2	5163,82	5204,54	Cr I	9 R	10	5208,43
4875,48	V I	10 R	10	4881,57	5205,71	Y II	10	10	5662,95
4881,57	V I	10 R	10	—	5206,04	Cr I	10 R	10	5208,43
4883,69	Y II	10	10	4900,11	5208,43	Cr I	10 R	10	5409,8
4889,15	Re	—	—	—	5209,04	Ag I	10 R	10	5465,43
4899,91	La	9	4	4921,79	5218,21	Cu I	10	10	5700,25
4900,11	Y II	10	10	5087,42	5224,68	W	10	10	5492,34
4919,8	Th	9	6	5017,24	5227,19	Fe	8	4	5232,92
4921,79	La	8	5	—	5227,64	Pt	20	2	5301,02
4934,09	Ba II	10 R	10 R	5535,53	5232,95	Fe I	8	5	5269,54
4938,09	Ir	15	—	5364,32	5269,54	Fe I	10	8	5328,04
4662,25	Sr I	6	2	—	5295,59	Pd	50	2	5395,27
4971,93	Li I	7	4	6103,59	5301,02	Pt	20	5	5368,9
4979,0	Na I	5	4	4983,2	5328,04	Fe I	7	6	5371,49
4981,73	Ti I	9	10	4991,07	5350,47	Ti I	10 R	10	6550,0
4983,2	Na I	5	4	5682,8	5354,38	Rh	50	5	5379,08
4991,07	Ti I	9	10	4909,51	5364,32	Ir	20	—	5449,5

Продолжение

Длина волны в Å	Элем-мент	Интенсивность		Следую-щая линия	Длина волны в Å	Элем-мент	Интенсивность		Следую-щая линия
		дуга	искра				дуга	искра	
5368,99	Pt	15	1	5390,79	5837,41	Au I	4	6	6278,2
5371,49	Fe I	7	6	—	5840,13	Pt	15	1	—
5379,08	Rh	30	3	5599,43	5857,79	Os	15	—	—
5390,79	Pt	10	1	5475,78	5858,28	Mo I	8	10	5888,32
5395,27	Pd	20	1	5542,8	5888,32	Mo I	10	10	6030,66
5409,8	Cr I	10	8	—	5889,97	Na I	10 R	10	5895,93
5449,5	Ir	30	1	5625,55	5894,08	Ir	15	—	—
5460,72	Hg I	10 R	10	5769,6	5894,93	Na I	8 R	10	6154,4
5465,43	Ag I	10	6	5471,51	5915,39	U	8	1	6449,19
5471,51	Ag I	6	5	—	5997,24	Ta	7	—	6049,4
5475,78	Pt	15	2	5478,5	6002,0	Pb	8	—	—
5476,91	Ni I	10	10	—	6013,5	Mn I	10	10	6016,64
5478,5	Pt	12	2	5840,13	6016,64	Mn I	10	10	6021,79
5492,34	W	10	10	5514,72	6021,79	Mn I	10	10	—
5492,94	U	9	4	5527,84	6030,66	Mo I	9	10	—
5506,5	Mo	10	10	5533,03	6045,4	Ta	5	—	6430,77
5512,05	Ce	8	3	—	6103,59	Li I	10 R	10	6707,86
5514,72	W	10	10	—	6122,24	Ca I	10 R	10 R	6162,19
5523,55	Os	30	—	5857,79	6141,78	Ba I	10 R	10 R	6496,91
5526,81	Sc	8	3	5671,83	6154,4	Na I	4	3	6160,8
5527,84	U	10	4	5915,39	6159,84	Rb I	5	1	6298,5
5528,48	Mg I	10	5	—	6160,8	Na I	5	4	—
5533,03	Mo I	10	10	5570,46	6162,19	Ca I	10 R	8 R	6439,06
5535,53	Ba I	10 R	6	5777,7	6231,76	Al II	—	7	6243,35
5542,8	Pd	30	1	5547,02	6243,35	Al II	—	10	—
5547,02	Pd	20	1	—	6278,2	Au I	4	3	—
5552,24	Bi	8	3	—	6298,5	Rb I	10	3	7800,3
5570,46	Mo I	10	10	5858,28	6305,72	Sc I	10	5	—
5590,1	Ca I	10	6	6122,24	6346,69	Si II	—	5	6370,9
5599,43	Rh	40	3	6752,38	6362,35	Zn I	10	10	—
5608,8	Pb	4	10	6002,0	6370,9	Si	—	2	—
5625,55	Ir	20	—	5894,08	6430,77	Ta	9	5	6485,37
5636,24	Ru	5	3	—	6438,47	Cd I	10	10 R	—
5662,95	Y	7 R	10	—	6439,06	Ca I	10 R	8	6462,57
5671,83	Sc I	10	1	5686,85	6449,19	U	10	1	—
5679,5	N	—	—	—	6462,57	Ca I	6 R	6	6493,76
5682,8	Na I	7	6	5688,3	6485,37	Ta	10	10	6516,12
5686,85	Sc I	10	1	5305,72	6493,76	Ca I	8	5	—
5688,3	Na I	8	7	5889,97	6496,91	Ba II	10 R	10 R	—
5700,25	Cu I	8	10	5782,13	6516,12	Ta	10	3	—
5724,5	Rb I	4	2	6159,84	6550,0	Te I	6	3	6714,3
5769,6	Hg I	10 R	10	5790,66	6707,86	Li I	10 R	10 R	—
5777,7	Ba I	10 R	5	6141,78	6714,3	Te I	4	2	—
5782,13	Cu I	8	8	—	6752,38	Rh	20	—	—
5782,6	K I	5 R	3	5801,9	6911,3	K I	10	—	6939,0
5790,66	Hg I	10 R	10	—	6939,0	K I	10	—	7664,94
5801,9	K I	6 R	4	5812,4	7664,94	K I	10 R	5 R	7699,01
5811,08	Ta	8	—	5997,24	7699,01	K I	10 R	5 R	—
5812,4	K I	6 R	2	5832,1	7800,3	Rb I	10 R	—	7947,63
5832,1	K I	7 R	4	6911,3	7947,63	Rb I	10 R	—	—

Таблица X
Искровой спектр воздуха [27a]

Длина волны в Å	Интенсивность	Элемент	Длина волны в Å	Интенсивность	Элемент	Длина волны в Å	Интенсивность	Элемент
3907,6	1	O	4145,9	3	N	4425,9	1	N
3909,1	1	N	4153,5	3	O	4430,1	1	N
3912,3	3	O	4169,36	1	O	4432,4	2	N
3919,1	6	N	4176,2	2	N	4434,0	0	N
3940,2	1	N	4185,5	4	O	4443,3	1	O
3945,1	1	O	4189,8	6	O	4447,04	6	N
3947,45	1	O	4199,3	0	N	4452,4	2	O
3954,4	1	O	4206,7	2	N	4460,1	1	N
3955,9	4	N	4211,1	1	N	4465,4	2	O
3973,3	14	O	4223,3	1	N	4467,8	2	O
3982,76	2	O	4228,0	2	N	4469,4	1	O
3995,1	0	N	4236,8	3	N	4477,7	1	N
4025,7	1	N	4241,75	2	N	4507,62	2	N
4034,9	2	N	4253,7	2	O	4514,8	2	N
4041,3	3	N	4266,4	2	N	4529,9	2	N
4057,8	1	N	4275,9	1	N	4544,8	1	N
4063,2	1	N	4303,7	1	O	4552,5	2	N
4069,9	8	O	4317,11	3	O	4590,93	3	O
4072,25	8	O	4319,62	3	O	4596,12	3	O
4075,93	8	O	4325,7	1	O	4601,48	4	N
4078,9	2	O	4327,5	1	O	4607,14	4	N
4085,2	2	O	4328,5	1	O	4609,4	1	N
4089,1	1	O	4331,04	1	N	4613,84	3	N
4093,0	2	O	4331,9	1	O	4621,39	4	N
4097,2	3	N	4336,8	2	O	4630,53	10	N
4103,3	2	N	4345,54	3	O	4634,0	1	N
4105,0	3	O	4347,44	2	O	4638,8	2	O
4110,84	2	O	4348,0	2	N	4640,5	1	N
4112,09	1	O	4349,4	4	O	4641,8	3	O
4114,0	0	O	4351,3	2	O	4643,1	4	N
4119,3	4	O	4361,6	0	N	4649,1	4	O
4120,5	2	O	4366,87	3	O	4650,8	2	O
4121,5	2	O	4369,2	1	O	4654,5	1	N
4124,1	2	O	4371,4	1	N	4661,6	5	O
4129,5	1	O	4379,6	1	N	4674,9	1	N
4132,88	2	O	4396,0	1	O	4676,2	3	O
4133,7	2	N	4401,2	1	N	4699,2	3	O
4142,2	1	O	4414,9	6	O	4705,1	1	N
4143,7	1	O	4417,0	5	O	4705,4	3	O

Продолжение

Длина волны в Å	Интенсивность	Элемент	Длина волны в Å	Интенсивность	Элемент	Длина волны в Å	Интенсивность	Элемент
4709,9	2	O	5022,9	1	N	5552,0	2	N
4718,4	2	N	5025,7	2	N	5566,0	0	N
4735,7	1	N	5045,1	2	N	5592,3	0	O
4751,2	1	O	5061,8	0	N	5645,6	1	N
4764,6	1	N	5073,5	0	N	5666,6	5	N
4774,2	1	N	5143,6	0	O	5675,9	3	N
4779,8	2	N	5160,1	0	O	5679,5	10	N
4788,2	4	N	5172,0	1	N	5686,2	3	N
4803,3	5	N	5173,4	1	N	5710,7	2	N
4805,9	1	N	5175,9	2	N	5730,6	2	N
4810,3	2	N	5179,1	1	N	5745,5	1	N
4856,8	1	N	5183,2	0	O	5765,4	2	N
4860,3	1	N	5185,1	0	N	5927,8	4	N
4871,6	0	O	5190,6	1	N	5931,8	7	N
4879,7	1	N	5206,5	1	O	5940,5	1	N
4890,9	0	O	5281,7	0	N	5941,6	10	N
4895,3	1	N	5320,5	1	N	5952,4	4	N
4906,8	1	O	5325,1	0	O	6158,1	0	O
4924,6	2	O	5328,6	0	N	6171,0	2	O
4934,8	1	N	5328,7	1	N	6284,3	1	N
4941,0	1	N	5341,2	1	N	6341,5	0	N
4942,5	1	N	5351,2	0	N	6358,1	0	N
4943,0	1	N	5356,4	0	N	6379,3	2	N
4955,0	1	O	5411,5	1	N	6456,0	0	O
4964,7	0	N	5452,1	1	N	6482,0	5	N
4987,4	1	N	5454,1	1	N	6563,2	3	N
4991,3	1	N	5462,8	1	N	6610,4	6	N
4994,4	3	N	5480,1	1	N	6654,8	2	—
5001,4	6	N	5495,7	2	N	6887,6	1	—
5005,2	6	N	5526,2	2	N	6965,9	1	A _r
5007,4	3	N	5530,2	3	N	7067,6	0	A _r
5010,6	2	N	5535,2	5	N			
5016,4	2	N	5543,4	3	N			

Таблица XI

Чувствительные канты молекулярных спектров^[27]

Символы в обозначениях интенсивностей:

- Ab* — поглощение парообразным веществом.
F — излучение пламени.
A(a) — излучение дуги в воздухе при атмосферном давлении.
A(r) — излучение дуги при пониженном давлении.
D — излучение разрядных трубок («+» — от положительного столба, «—» — отрицательное свечение).

Длина волны в Å	Интенсивности						Молекулы	Длина волны в Å	Интенсивности						Молекулы
	<i>Ab</i>	<i>F</i>	<i>A (a)</i>	<i>A (r)</i>	<i>D+</i>	<i>D-</i>			<i>Ab</i>	<i>F</i>	<i>A (a)</i>	<i>A (r)</i>	<i>D+</i>	<i>D-</i>	
6994,5	—	—	1	—	—	—	LaO	6478,7	—	9	10	—	10	—	CN
6984,7	—	—	—	10	10	—	SrH	6473,7	—	—	10	—	—	—	ZrO
6942,6	—	—	—	10	10	—	CaH	6468,5	—	—	—	—	10	—	N ₂
6930,2	10	—	—	—	—	—	SrJ	6464,6	—	—	—	—	10	—	CO
6927,6	—	2	2	—	2	—	CN	6451,5	—	7	7	—	—	—	CrO
6867,2	8	—	—	—	—	—	O ₂	6446,2	—	—	5	—	—	—	ScO
6856,3	—	—	—	—	—	8	O ₂ ⁺	6442,3	—	—	—	6	—	—	C ₂
6850,2	—	—	—	10	10	—	BaH	6435,0	—	—	—	10	—	—	FeBr
6847,7	10	—	—	—	—	—	SrJ	6433,1	—	—	—	10	—	—	CO
6804,0	—	—	—	—	8	—	CO	6430,0	—	—	3	—	—	—	CuO
6792,5	—	1	2	—	2	—	CN	6419,0	—	8	8	—	—	—	SrF
6788,6	—	—	—	—	6	—	N ₂	6418,7	—	—	—	9	—	—	O ₂ ⁺
6782,8	—	8	8	—	—	—	BaO	6416,0	—	—	—	5	—	—	SiF
6767,8	10	—	—	—	—	—	SrJ	6412,9	10	7	—	—	—	—	CaJ
6704,8	—	—	—	—	8	—	N ₂	6412,3	—	—	6	—	—	—	ZrO
6789,5	—	—	—	10	10	—	BaH	6400,4	—	1	5	—	—	—	CuO
6685,7	—	—	—	—	7	—	CO	6400,0	—	—	—	10	—	—	FeBr
6666,7	10	10	—	—	—	—	SrBr	6399,0	—	—	—	10	—	—	CO
6655,6	7	7	7	—	—	—	SrF	6398,7	—	—	—	10	—	—	He ₂
6651,5	—	—	4	—	—	—	TiO	6397,0	—	—	—	5	—	—	SiF
6632,7	10	10	10	—	—	—	SrF	6394,7	—	—	—	9	—	—	N ₂
6631,6	—	4	9	—	9	—	CN	6394,3	—	9	9	—	—	—	CrO
6623,6	—	—	—	—	9	—	N ₂	6389,3	—	—	—	10	10	—	CaH
6620,3	—	—	—	—	7	—	CO	6388,8	10	10	—	—	—	—	CaJ
6619,9	4	1	5	—	—	—	SrCl	6378,3	—	—	8	—	—	—	ZrO
6613,7	10	10	10	—	—	—	SrCl	6376,9	—	—	2	—	—	—	CuO
6544,8	—	—	—	—	10	—	N ₂	6368,0	10	—	—	—	—	—	O ₂
6543,0	—	—	5	—	—	—	ZrO	6366,9	—	—	—	5	—	—	CO
6533,5	—	—	9	—	—	—	SmO	6362,4	4	4	5	—	—	—	SrCl
6518,6	—	—	—	—	10	—	F ₂	6361,3	6	3	—	—	—	—	CaI
6513,5	—	—	—	—	9	—	CO	6358,7	10	10	10	—	—	—	SrCl
6513,0	5	10	—	—	—	—	SrBr	6349,5	—	—	8	—	—	—	SmO
6512,0	10	10	10	—	—	—	SrF	6344,9	—	—	9	—	—	—	ZrO
6510,9	—	—	10	—	—	—	SmO	6342,2	—	8	8	—	—	—	NiO
6508,1	—	—	9	—	—	—	ZrO	6332,2	—	10	9	—	9	—	CN
6493,4	—	—	1	—	—	—	CuO	6322,9	—	—	—	—	7	—	N ₂
6493,1	—	—	9	—	—	—	BaO	6311,7	—	—	4	—	—	—	MgO
6492,0	—	—	—	—	5	—	SiF	6306,1	—	8	8	—	—	—	SrF

Продолжение

Длина волны в Å	Интенсивности						Моле- кулы	Длина волны в Å	Интенсивности						Моле- кулы
	Ab	F	A (a)	A (r)	D+	D-			Ab	F	A (a)	A (r)	D+	D-	
6294,0	—	2	5	—	—	—	CuO	6079,9	—	—	—	—	8	—	CO
6292,8	—	—	7	—	—	—	ZrO	6079,3	—	—	8	—	—	—	ScO
6291,0	—	8	8	—	—	—	BaO	6072,6	—	—	8	—	—	—	ScO
6286,0	0	4	—	—	—	—	CaBr	6069,7	—	—	—	—	7	—	N ₂
6285,3	—	3	3	—	—	—	CaF	6064,4	8	10	10	—	—	—	CaF
6278,0	—	—	4	—	—	—	CaO	6064,3	—	—	7	—	—	—	ScO
6277,7	10	10	—	—	—	—	CaBr	6064,0	—	—	—	—	10	—	FeCl
6276,6	3	—	—	—	—	—	O ₂	6060,3	—	—	6	—	—	—	MgO
6265,9	—	—	—	—	8	—	NBr	6059,7	—	3	3	—	3	—	C ₂
6260,9	—	—	8	—	—	—	ZrO	6059,3	—	10	10	—	—	—	CuO
6258,8	0	5	—	—	—	—	CaBr	6051,6	—	10	10	—	—	—	CrO
6258,5	—	—	9	—	—	—	CaO	6050,8	5	4	6	—	—	—	CaF
6256,6	—	4	4	—	—	—	CaF	6045,1	—	4	9	—	—	—	CuO
6252,9	10	10	—	—	—	—	CaBr	6039,6	—	9	9	—	—	—	BaO
6252,8	—	—	—	—	3	—	N ₂	6039,1	0	4	7	—	7	—	S ₂
6250,7	1	—	8	—	—	—	PbO	6037,0	—	—	—	—	8	—	CO
6246,0	—	10	—	—	—	—	NiH	6036,9	8	7	6	—	—	—	CaF
6244,0	—	—	—	—	5	—	CO	6036,2	—	—	10	—	—	—	ScO
6238,7	—	—	—	—	7	—	CO+	6035,2	—	10	10	—	—	—	BiO
6231,1	—	—	—	—	8	—	NBr	6026,4	—	—	—	—	10	—	O ₂ ⁺
6229,4	—	—	9	—	—	—	ZrO	6019,5	—	—	—	—	9	—	NBr
6224,9	5	5	5	—	—	—	CaCl	6017,1	—	—	6	—	—	—	ScO
6218,9	—	10	10	—	—	—	FeO	6013,6	—	—	—	—	7	—	N ₂
6218,3	—	8	8	—	—	—	BiO	6010,5	—	—	—	—	8	—	CO
6211,6	10	10	10	—	—	—	CaCl	6006,0	—	—	8	—	—	—	CaO
6193,4	5	5	5	—	—	—	CaCl	6004,9	—	2	3	—	3	—	C ₂
6191,7	—	6	2	—	4	—	CN	6003,0	—	—	3	—	—	—	CaO
6191,2	—	4	3	—	3	—	C ₂	5998,9	—	—	—	—	10	—	NO ⁺
6189,4	—	—	—	—	7	—	CO ⁺	5993,8	—	—	—	—	8	—	BF
6187,0	—	—	—	—	8	—	FeBr	5992,6	—	2	5	—	6	—	CN
6184,9	10	10	10	—	—	—	CaCl	5992,6	—	—	—	—	9	—	As ₂ ⁺
6180,5	—	9	9	—	—	—	FeO	5990,7	—	—	—	—	10	—	NBr
6161,5	—	9	9	—	—	—	CuO	5983,0	—	—	8	—	—	—	CaO
6157,4	—	—	1	—	—	—	LaO	5980,7	—	—	—	—	8	—	CO
6154,9	—	7	7	—	—	—	MnO	5972,2	—	—	10	—	—	—	YO
6146,8	—	4	8	—	—	—	CuO	5962,4	—	—	—	—	10	—	NBr
6133,3	—	8	8	—	—	—	NiO	5962,2	0	5	6	—	6	—	S ₂
6132,1	—	—	10	—	—	—	YO	5959,0	—	—	—	—	8	—	N ₂
6122,1	—	3	4	—	4	—	C ₂	5958,7	—	1	2	—	2	—	C ₂
6117,5	—	—	5	—	—	—	BiH	5939,1	—	—	8	—	—	—	YO
6152,2	—	—	—	—	6	—	As ₂ ⁺	5934,0	10	10	10	—	—	—	CaCl
6109,9	—	9	9	—	—	—	FeO	5933,8	—	—	—	—	10	—	NBr
6105,2	—	—	—	—	5	—	CO	5931,9	—	8	8	—	—	—	BiO
6102,6	—	—	—	—	10	—	Fe ₂	5910,7	3	—	10	—	—	—	PbO
6097,0	—	—	10	—	—	—	CaO	5906,0	—	—	—	—	8	—	N ₂
6097,3	—	9	9	—	—	—	FeO	5905,0	—	—	—	—	10	—	NBr
6096,8	—	—	8	—	—	—	YO	5900,7	0	7	9	—	9	—	S ₂
6086,9	—	5	5	—	—	—	CaF	5899,3	—	—	—	—	8	—	C ₂
6086,4	—	—	8	—	—	—	VO	5887,4	—	—	3	—	—	—	ScO

Продолжение

Длина волны в Å	Интенсивности						Молекулы	Длина волны в Å	Интенсивности						Молекулы
	Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-			Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-	
5868,1	—	9	9	—	—	—	FeO	5691,0	—	10	10	—	—	—	PrO
5866,3	—	—	4	—	—	—	LaO	5677,8	5	10	10	—	—	—	PbO
5864,5	—	10	10	—	—	—	BaO	5677,0	—	—	—	—	10	—	MnH
5861,7	—	10	10	—	—	—	BiO	5670,5	—	—	—	—	6	—	CO
5861,0	—	—	—	—	6	—	CO	5668,2	—	—	—	—	10	—	CoCl
5859,6	—	9	9	—	—	—	MnO	5663,1	—	—	—	—	—	2	N ₂ ⁺
5858,2	—	2	8	—	9	—	CN	5651,6	0	7	10	—	—	10	S ₂
5854,4	—	—	—	—	8	—	N ₂	5647,6	—	—	—	—	6	—	CO
5849,1	—	—	3	—	—	—	ScO	5644,1	—	9	9	—	—	—	BaO
5847,7	—	—	3	—	—	—	ScO	5637,4	—	—	—	—	10	—	CoBr
5847,6	—	—	3	—	—	—	CuO	5635,5	—	9	8	—	—	8	C ₂
5842,0	—	—	4	—	—	—	YO	5631,9	—	—	—	—	—	9	O ₂
5840,6	0	7	9	—	9	—	S ₂	5629,3	—	—	6	—	—	—	TiO
5837,5	—	—	—	—	8	—	CoCl	5629,0	—	—	6	—	—	—	ZrO
5832,7	—	—	2	—	—	—	CuO	5621,7	—	—	—	—	6	—	CO
5830,0	0	4	5	—	—	—	CaF	5614,0	—	6	6	—	—	—	FeO
5826,0	9	—	—	—	—	—	O ₂	5610,2	—	—	—	—	10	—	CO
5822,1	—	—	—	—	10	—	BF	5609,5	10	10	—	—	—	—	BaJ
5815,1	—	—	—	—	8	—	BF	5599,9	—	—	10	—	—	—	LaO
5809,9	3	4	4	—	—	—	CaCl	5598,3	—	3	3	—	—	3	CN
5809,8	—	—	3	—	—	—	ScO	5597,8	—	—	7	—	—	—	TiO
5804,3	—	—	—	—	7	—	N ₂	5596,6	—	8	8	—	—	—	PrO
5801,4	—	—	—	—	8	—	FeCl	5586,4	—	10	10	—	—	—	MnO
5794,4	—	8	8	—	—	—	CrO	5585,5	—	8	8	—	—	8	C ₂
5789,8	—	9	9	—	—	—	FeO	5582,8	—	6	6	—	—	—	FeO
5779,5	7	8	8	—	—	—	SrF	5567,0	—	8	—	—	—	—	TaO
5778,5	—	—	5	—	—	—	ZrO	5563,0	—	—	10	—	—	—	PbH
5775,5	—	—	5	—	—	—	MgO	5551,7	—	—	5	—	—	—	ZrO
5772,0	7	8	8	—	—	—	SrF	5547,6	—	—	4	—	—	—	BiO
5763,4	—	9	9	—	—	—	PrO	5547,5	—	—	7	—	—	—	BO
5758,6	—	—	4	—	—	—	TiO	5540,7	—	5	6	—	—	6	C ₂
5755,2	—	—	—	—	7	—	N ₂	5529,6	—	8	8	—	—	—	NiO
5749,1	—	—	—	—	6	—	CO	5528,3	—	—	—	—	9	—	CoBr
5748,1	—	—	8	—	—	—	ZrO	5518,8	—	—	4	—	—	—	MgO
5737,9	—	—	—	—	10	—	CoCl	5515,6	—	—	—	—	2	N ₂	
5736,7	—	—	10	—	—	—	VO	5506,5	—	—	10	—	—	—	SbO
5733,0	—	—	—	—	9	—	He ₂	5501,9	—	3	4	—	—	4	C ₂
5731,4	—	—	—	—	9	—	F ₂	5499,9	—	—	—	—	6	CO ⁺	
5730,2	—	5	8	—	7	—	CN	5498,0	—	—	10	—	—	—	CaO
5724,0	—	—	6	—	—	—	ZrO	5497,1	—	—	5	—	—	—	TiO
5718,6	—	—	—	—	8	—	NBr	5492,7	—	9	10	—	—	—	BaO
5718,1	—	—	10	—	—	—	ZrO	5478,5	—	—	—	—	2	N ₂	
5712,5	—	8	—	—	—	—	NiH	5473,3	—	5	5	—	5	—	CN
5710,1	0	7	8	—	8	—	S ₂	5473,0	—	—	9	—	—	—	CaO
5701,0	—	8	8	—	—	—	BaO	5472,8	0	7	9	—	9	—	S ₂
5698,0	—	—	4	—	—	—	HfO	5469,3	—	—	9	—	—	—	VO
5697,8	—	—	5	—	—	—	YO	5461,4	—	—	—	—	6	CO ⁺	
5695,1	—	—	—	—	8	—	NBr	5459,4	8	10	10	—	—	—	PbO
5684,3	8	8	—	—	—	—	CuF	5456,8	—	—	—	—	8	—	BF

Продолжение

Длина волны в Å	Интенсивности						Молекулы	Длина волны в Å	Интенсивности						Молекулы
	Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-			Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-	
5448,3	—	—	7	—	—	—	TiO	5145,4	—	2	2	—	—	—	CaF
5443,4	10	—	—	—	—	—	TeCl ₂	5141,1	6	7	—	—	7	—	CuI
5442,3	—	—	—	—	3	—	N ₂	5138,0	10	10	10	—	—	—	BaCl
5434,9	—	—	—	—	3	—	C ₂	5129,3	—	7	6	—	6	—	C ₂
5418,8	0	7	8	—	8	—	S ₂	5125,9	—	6	—	—	8	—	JÖ
5410,5	—	—	3	—	—	—	AlO	5121,9	—	—	5	—	—	—	AuCl
5407,7	—	8	8	—	—	—	NiO	5102,1	—	2	1	—	1	—	AlO
5407,1	—	—	—	—	3	—	N ₂	5097,7	—	—	4	—	—	—	ScO
5394,8	—	—	3	—	—	—	AlO	5096,7	—	—	—	—	10	—	MnBr
5393,9	—	—	—	—	7	—	F ₂	5081,0	—	—	—	—	—	—	AlO
5381,7	10	7	—	—	—	—	BaJ	5079,3	—	—	4	—	—	—	HfO
5380,4	—	—	2	—	—	—	LaO	5074,7	—	—	8	—	—	—	CuJ
5372,8	—	—	—	—	3	—	N ₂	5072,8	10	10	—	—	10	—	CO
5364,0	4	—	—	—	—	—	O ₂	5072,1	—	—	—	—	5	—	CO ⁺
5360,1	10	10	10	—	—	—	BaBr	5070,9	—	—	—	—	8	—	CO
5359,4	—	8	9	—	—	—	MnO	5061,1	9	9	—	—	—	—	CuF
5354,1	—	2	4	—	4	—	CN	5060,1	—	—	—	—	5	—	N ₂
5353,6	8	—	—	—	—	—	TeCl	5053,6	—	—	—	—	2	—	N ₂
5352,0	—	—	7	—	—	—	PrO	5052,7	—	—	—	—	8	—	CO
5351,3	—	—	—	—	5	—	CO	5040,1	—	—	6	—	—	—	BO
5349,7	—	7	8	—	—	—	BaO	5039,7	—	—	—	—	5	—	CO ⁺
5330,5	—	—	—	—	5	—	CO	5038,8	—	—	—	—	10	—	MnCl
5307,2	—	—	—	—	5	—	CO	5036,2	0	9	9	—	9	—	S ₂
5301,8	—	6	—	—	—	—	IO	5031,7	—	—	—	—	8	—	CO
5295,7	—	—	—	—	8	—	O ₂ ⁺	5030,8	—	—	—	—	2	—	N ₂
5293,4	5	—	—	—	—	—	Bi ₂	5019,7	8	7	—	—	7	—	CuJ
5291,0	10	10	10	—	—	—	CaF	5013,2	—	—	—	—	8	—	NiCl
5277,8	—	—	7	—	—	—	SbO	5007,3	—	10	10	—	—	—	MgO
5262,3	4	4	4	—	—	—	CuCl	5006,6	2	—	5	—	—	—	BaF
5258,2	5	—	—	—	—	—	Bi ₂	4996,7	—	8	9	—	—	—	MgO
5249,7	0	8	8	—	8	—	S ₂	4993,5	—	—	—	—	8	—	MnBr
5240,5	10	10	10	—	—	—	BaCl	4992,1	2	—	5	—	—	—	BaF
5240,0	—	—	—	—	10	—	AlCl	4990,8	—	—	—	—	10	—	BeH
5239,3	—	2	3	—	3	—	CN	4989,5	0	9	8	—	8	—	S ₂
5228,3	—	—	—	—	4	—	N ₂ ⁺	4983,8	5	10	10	—	—	—	PbO
5224,1	5	—	—	—	—	—	Bi ₂	4982,2	4	5	5	—	—	—	CuCl
5211,0	—	—	—	10	10	—	MgH	4954,6	—	—	6	—	—	—	TiO
5208,2	10	10	10	—	—	—	BaBr	4950,8	4	—	10	—	—	—	BaF
5205,5	—	—	—	—	10	—	AuCl	4946,1	4	5	5	—	—	—	CuCl
5198,2	—	—	—	—	10	—	CO	4935,8	—	1	2	—	2	—	CN
5194,2	0	8	9	—	9	—	S ₂	4932,0	10	10	10	—	—	—	CuF
5185,0	—	—	7	—	—	—	ZrO	4910,9	—	—	—	—	6	—	CO ⁺
5174,5	—	10	10	—	—	—	NiO	4892,2	—	7	—	—	—	—	GdO
5172,6	—	—	—	5	5	—	SiH	4892,1	—	—	—	—	2	—	NO
5166,9	—	—	7	—	—	—	TiO	4885,5	—	—	—	—	8	—	FeCl
5165,2	—	10	10	—	10	—	C ₂	4881,5	8	8	8	—	—	—	CuCl
5162,3	3	9	10	—	—	—	PbO	4879,5	—	—	—	—	3	—	CO ⁺
5155,9	—	—	—	—	8	—	AuCl	4879,3	8	8	—	—	—	—	CuBr
5148,8	—	—	—	—	5	—	N ₂ ⁺	4866,1	—	—	9	—	—	—	AlO

Продолжение

Длина волны в Å	Интенсивности						Моле- кулы	Длина волны в Å	Интенсивности						Моле- кулы	
	Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-			Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-		
4863,2	—	—	10	—	—	—	CeO	4683,4	—	—	—	—	—	—	5	CO ⁺
4857,8	—	—	5	—	—	—	ScO	4682,6	—	—	—	—	—	—	10	Cl ₂ ⁺
4850,6	—	6	6	—	—	—	BaO	4680,2	—	—	—	—	—	—	10	C ₂
4846,9	8	8	8	—	—	—	CuCl	4672,6	—	—	2	—	—	—	—	ScO
4842,1	—	—	10	—	—	—	AlO	4672,3	—	—	9	—	—	—	—	LuO
4842,1	0	9	10	—	10	—	S ₂	4672,0	—	—	8	—	—	—	—	AlO
4838,5	—	8	—	—	—	—	JO	4670,9	—	—	—	4	4	—	—	AlH
4837,1	—	—	—	—	10	—	N ₂	4665,7	—	5	5	—	—	—	—	NiO
4835,3	—	—	—	—	10	—	CO	4664,3	—	—	—	5	5	—	—	SiN
4832,6	—	1	1	—	2	—	CN	4661,7	—	—	10	—	—	—	—	LuO
4823,5	—	—	—	—	8	—	CO	4661,3	—	—	—	—	5	—	—	CO
4817,4	—	—	10	—	—	—	YO	4658,0	8	8	8	—	—	—	—	PbO
4816,9	8	10	10	—	—	—	PbO	4651,8	—	—	—	—	—	—	3	N ₂ ⁺
4814,7	—	—	—	—	1	—	N ₂	4649,7	—	—	—	—	5	—	—	N ₂
4810,4	—	—	8	—	—	—	TaO	4649,2	—	—	9	—	—	—	—	YO
4806,7	—	—	—	—	8	—	CO	4648,4	—	—	—	6	—	—	—	CuH
4806,0	—	—	9	—	—	—	WO	4648,2	—	—	8	—	—	—	—	AlO
4804,3	—	—	5	—	—	—	TiO	4637,9	—	—	10	—	—	—	—	ZrO
4802,0	3	—	—	—	—	—	O ₂	4633,3	—	8	—	—	—	—	—	GdO
4796,5	—	8	8	—	—	—	BiO	4631,4	6	—	—	—	—	—	7	AlJ
4795,9	—	—	9	—	—	—	SbO	4630,6	—	—	—	—	5	—	—	CuJ
4794,7	—	—	—	—	9	—	Cl ₂ ⁺	4630,0	6	—	—	—	—	—	—	NO ₂
4794,0	—	—	—	—	5	—	MnH	4626,1	—	—	4	—	—	—	—	TiO
4791,7	—	—	10	—	—	—	GeO	4625,6	—	—	—	—	6	—	—	Be ₂
4790,6	0	9	9	—	9	—	S ₂	4619,8	—	—	8	—	—	—	—	ZrO
4788,5	5	4	4	—	—	—	CuCl	4619,0	—	—	10	—	—	—	—	SbO
4787,3	—	—	—	—	8	—	CO	4615,6	—	10	—	—	—	—	—	GdO
4761,2	—	—	5	—	—	—	TiO	4613,8	—	10	10	—	—	—	—	BiO
4755,7	5	4	4	—	—	—	CuCl	4613,6	—	—	—	—	9	—	—	Cl ₂ ⁺
4752,5	—	—	3	—	—	—	AlH	4612,7	—	—	10	—	—	—	—	BO
4751,0	—	8	8	—	—	—	NiO	4609,8	1	8	8	—	8	—	—	S ₂
4751,0	—	—	—	—	9	—	Cl ₂ ⁺	4609,0	—	—	8	—	—	—	—	WO
4744,0	—	—	8	—	—	—	BO	4606,1	—	1	—	—	—	—	—	CN
4737,1	—	9	9	—	9	—	C ₂	4602,6	—	—	—	—	7	—	—	CO
4731,8	—	—	3	—	—	—	AlH	4599,7	—	—	—	—	4	—	—	N ₂ ⁺
4727,4	—	10	10	—	—	—	BiO	4596,9	—	—	—	—	3	—	—	CuJ
4723,5	—	—	—	—	1	—	N ₂	4590,5	—	—	8	—	—	—	—	WO
4715,2	—	8	8	—	8	—	C ₂	4590,2	—	—	—	—	10	—	—	NiBr
4711,2	—	—	—	—	5	—	CO ⁺	4686,4	—	—	—	—	7	—	—	CO
4709,4	—	—	10	—	—	—	WO	4685,7	—	—	7	—	—	—	—	BO
4709,2	—	—	—	—	4	—	N ₂ ⁺	4584,1	—	—	3	—	—	—	—	TiO
4708,7	—	—	10	—	—	—	BeO	4583,0	—	10	—	—	—	—	—	IO
4705,1	—	—	4	4	—	—	SiN	4575,1	—	—	—	—	4	—	—	CuJ
4698,0	—	—	10	10	—	—	BiH	4574,3	—	—	—	—	2	—	—	N ₂
4697,6	—	6	7	—	7	—	C ₂	4574,0	—	—	—	—	5	—	—	NO
4692,7	—	—	8	—	—	—	SrO	4569,9	—	9	9	—	—	—	—	BIO
4689,0	—	—	4	—	—	—	CuH	4569,8	—	—	—	4	4	—	—	SiN
4686,2	—	8	—	—	—	—	JO	4569,2	—	—	—	—	7	—	—	CO
4684,8	—	3	4	—	4	—	C ₂	4565,8	—	—	—	—	8	—	—	CO ⁺

Продолжение

Длина в \AA	Интенсивности						Моле- кулы	Длина в \AA	Интенсивности						Моле- кулы
	Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-			Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-	
4565,0	10	—	—	—	10	—	AlJ	4462,6	—	4	—	—	—	—	GdO
4564,8	—	—	8	—	—	—	SrO	4454,7	—	—	—	—	6	—	CP
4557,3	—	—	—	—	8	—	CP	4448,0	8	—	—	—	—	—	NO ₂
4553,7	9	10	10	—	—	—	PbO	4443,1	—	—	—	8	8	—	SiN
4549,9	—	8	8	—	—	—	BiO	4433,8	6	7	7	—	7	—	CuCl
4549,1	—	—	—	—	10	—	Cl ₂ ⁺	4433,4	1	9	8	—	8	—	S ₂
4546,5	—	—	—	6	6	—	AlH	4418,1	—	—	6	—	—	—	LaO
4545,8	—	—	—	—	5	—	He ₂	4416,7	—	—	—	—	3	—	N ₂
4544,1	—	—	8	—	—	—	SrO	4412,4	6	7	7	—	7	—	CuCl
4539,4	—	—	—	—	—	8	CO ⁺	4412,0	10	10	10	—	—	—	SrJ
4535,5	—	—	—	—	7	—	N ₂	4410,8	—	—	—	—	5	—	CuJ
4534,2	—	10	—	—	—	—	BrO	4410,4	10	8	8	—	—	—	PbO
4524,6	—	—	—	—	8	—	CP	4406,9	—	—	—	8	8	—	SiN
4524,3	—	—	—	5	5	—	SiN	4403,9	—	—	10	—	—	—	CaO
4524,0	7	—	—	—	7	—	AlJ	4399,6	—	—	10	—	—	—	SrO
4523,2	—	—	—	1	—	1	NH	4399,4	—	8	—	—	—	—	BrO
4514,8	—	—	1	—	1	—	CN	4393,8	—	—	6	—	—	—	AgO
4510,9	—	—	—	—	10	—	CO	4393,1	—	—	—	—	8	—	CO
4507,2	—	10	10	—	—	—	BiO	4390,0	8	—	—	—	—	—	NO ₂
4506,8	—	—	—	—	7	—	CoCl	4384,8	—	—	10	—	—	—	CaO
4506,2	—	—	—	—	8	—	Cl ₂	4382,5	—	2	2	—	2	—	C ₂
4502,2	—	—	1	—	1	—	CN	4380,3	—	—	—	—	7	—	CO
4502,0	—	—	—	—	1	—	NH	4372,0	—	—	—	8	—	—	O ₂
4496,6	9	—	—	—	8	—	AlJ	4371,9	—	—	4	—	—	—	LaO
4493,8	4	5	5	—	5	—	CuCl	4371,4	—	3	4	—	4	—	C ₂
4493,8	—	—	4	—	—	—	ZrO	4368,8	—	—	—	—	5	—	C ₂
4491,3	—	—	—	10	10	—	CdH	4368,2	—	—	—	—	10	—	SiF
4490,2	—	—	—	—	3	—	N ₂	4366,7	—	—	9	—	—	—	CaO
4487,5	—	—	—	—	8	—	Cl ₂ ⁺	4366,7	10	—	—	—	10	—	BiF
4486,3	—	—	—	—	5	—	CP	4365,2	—	4	5	—	5	—	C ₂
4485,0	—	7	—	—	—	—	IO	4363,4	—	—	10	—	—	—	BO
4482,4	—	—	—	6	6	—	SiN	4359,9	—	—	—	—	4	—	CuJ
4480,0	10	—	—	—	—	—	NO ₂	4355,0	—	—	—	—	3	—	N ₂
4479,8	—	—	—	—	3	—	NO	4353,9	9	9	9	—	9	—	CuCl
4477,9	10	—	—	—	—	—	CoH	4353,1	—	—	—	7	7	—	AlH
4470,5	—	—	2	—	—	—	AlO	4351,2	—	—	9	—	—	—	CaO
4469,5	—	—	5	—	—	—	ZrO	4350	6	—	—	—	—	—	NO ₂
4465,5	8	—	—	—	10	—	BiF	4343,6	—	—	—	—	4	—	N ₂
4464,9	—	—	—	—	8	—	BF	4341,1	10	10	10	—	—	—	CuBr

Продолжение

Длина волны в Å	Интенсивности						Молекулы	Длина волны в Å	Интенсивности						Молекулы
	Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-			Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-	
4339,4	—	—	8	—	—	—	BO	4245,9	—	—	—	—	6	—	BH
4333,2	10	10	10	—	10	—	CuCl	4241,0	10	10	—	10	10	—	AlH
4331,6	—	—	—	—	10	—	BH	4240,0	—	—	—	10	10	—	SiO ₂
4317,6	—	—	—	5	5	—	SiN	4239,1	—	—	—	9	9	—	SiH
4316,0	—	—	—	—	7	—	Cl ₂ ⁺	4237,0	—	—	—	10	10	—	ZnH
4315,0	—	3	—	3	3	—	CH	4236,5	—	—	—	—	—	9	N ₂ ⁺
4312,5	—	10	—	10	10	—	CH	4235,5	—	—	—	10	10	—	SiO ₂
4310,8	1	9	8	—	8	—	S ₂	4231,6	—	—	—	—	—	8	CO ⁺
4307,0	6	10	10	10	—	—	SrJ	4231,5	—	—	—	—	7	—	Cl ₂ ⁺
4305,0	—	—	—	—	8	—	NiCl	4228,5	—	—	—	9	9	—	SiO ₂
4304,7	—	—	4	—	—	—	AgO	4227,1	4	—	—	4	4	—	BaH
4299,1	—	—	—	10	10	—	ZnH	4221,9	—	—	9	—	—	—	CaO
4297,6	—	—	—	10	10	—	CdH	4216,0	—	9	9	—	9	—	CN
4295,8	9	—	—	—	8	—	BiF	4215,9	—	—	—	—	7	—	NiCl
4293,7	—	—	—	—	3	—	NO	4214,2	—	—	—	7	—	—	O ₂
4291,8	—	—	—	9	—	—	O ₂	4212,9	—	—	—	—	8	—	CO ⁺
4289,0	5	10	—	—	—	—	CaJ	4211,0	2	10	—	—	—	—	CaJ
4288,6	7	7	7	—	—	—	CuBr	4205,1	—	—	10	—	—	—	CaO
4288,2	—	—	—	—	3	—	NO	4204,1	—	—	—	10	10	—	SiN
4288,0	—	—	—	—	—	—	FH	4200,7	—	—	—	—	4	—	NO
4283,0	—	—	—	9	9	—	SiO ₂	4200,5	—	—	—	—	6	—	N ₂
4281,0	—	—	8	—	—	—	SrO	4199,1	—	—	—	—	4	—	N ₂ ⁺
4280,9	7	6	6	—	6	—	CuCl	4197,2	—	7	8	—	8	—	CN
4279,6	—	—	—	10	—	—	CuH	4194,7	—	—	—	—	7	—	Cl ₂ ⁺
4278,1	—	—	—	—	—	10	N ₂ ⁺	4193,6	2	9	8	—	8	—	S ₂
4277,0	—	—	—	5	5	—	SiN	4192,7	—	—	—	—	10	—	TiCl
4274,3	—	—	—	—	—	10	CO ⁺	4187,9	6	4	5	—	5	—	CuCl
4272,0	—	—	—	—	—	10	CO ⁺	4183,6	—	—	—	—	10	—	SbF
4269,8	—	8	—	—	—	—	BrO	4181,0	—	5	7	—	7	—	CN
4269,7	—	—	—	—	5	—	N ₂	4177,5	—	—	8	—	—	—	AgO
4262,8	8	8	8	—	—	—	CuBr	4172,7	—	—	—	9	—	—	O ₂
4252,8	—	—	6	—	—	—	AgO	4172,1	—	—	—	6	6	—	SiN
4259,5	10	10	—	10	10	—	AlH	4171,2	—	—	—	—	5	—	N ₂
4258,9	8	7	7	—	7	—	CuCl	4167,2	—	—	8	—	—	—	SrO
4256,6	—	—	—	8	8	—	SiO ₂	4159,5	—	—	—	—	5	—	CO ₂
4254,4	—	—	—	7	7	—	SiO ₂	4157,0	2	8	7	—	7	—	S ₂
4252,4	—	—	—	—	—	8	CO ⁺	4154,4	—	—	10	—	—	—	TaO
4252,1	—	—	10	—	—	—	HfO	4143,4	—	—	6	—	—	—	BO
4848,9	—	—	—	—	—	5	CO ⁺	4142,2	—	—	—	10	10	—	SiH

Продолжение

Длина волны в Å	Интенсивности						Молекулы	Длина волны в Å	Интенсивности						Молекулы
	Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-			Ab	F	A(a)	A(r)	D+	D-	
4141,8	—	—	—	—	5	—	N ₂	4027,8	—	—	—	—	6	—	NO
4140,1	—	—	—	—	8	—	Cl ₂ ⁺	4025,3	—	3	—	3	3	—	CH
4137,6	—	—	—	—	—	6	CO ₂	4020,6	—	—	—	9	—	—	O ₂
4135,8	4	4	4	—	—	—	BaF	4019,7	—	—	—	—	—	9	CO ⁺
4130,6	—	—	9	—	—	—	SbO	4017,7	—	—	—	—	—	9	CO ⁺
4126,6	—	—	—	8	8	—	SiN	4017,0	—	—	—	—	10	—	HgH
4124,8	—	—	—	—	7	—	CO	4016,8	—	—	—	6	6	—	SiH
4123,6	—	—	—	—	7	—	CO	4015,0	—	—	5	—	—	—	BO
4123,6	—	—	10	—	—	—	AgO	4014,8	—	—	—	—	8	—	CP
4120,8	—	—	—	—	—	6	CO ₂	4006,2	—	—	8	—	—	—	TaO
4118,9	—	6	—	—	—	—	HfO	4005,4	—	—	—	5	—	—	CuH
4116,8	—	—	6	6	—	—	SiN	3999,6	—	—	—	—	9	—	CO ⁺
4115,8	—	—	—	—	—	9	O ₂ ⁺	3998,4	—	—	—	—	9	—	N ₂
4113,6	—	—	—	—	4	—	NO	3997,3	—	—	—	—	9	—	CO ⁺
4112,1	—	—	—	—	10	—	SnBr	3994,7	—	—	—	—	4	—	SiN
4110,0	10	10	10	—	—	—	MgJ	3989,1	—	—	—	—	5	—	He ₂
4108,0	9	10	—	—	—	—	SrBr	3985,8	—	—	—	5	5	5	SiN
4107,9	—	—	—	—	5	—	CO ₂	3984,6	—	—	1	—	1	—	CN
4104,3	—	—	9	9	—	—	C ₂	3973,5	—	—	—	—	9	—	CO ⁺
4101,2	—	—	5	—	—	—	HfO	3972,8	—	—	—	10	—	—	AuH
4095,4	—	—	10	—	—	—	O ₂	3970,1	—	—	6	—	—	—	HfO
4095,3	—	—	—	10	—	—	NiCl	3968,5	10	—	—	—	—	—	Ca ⁺
4094,5	—	—	10	—	—	—	AgO	3961,6	10	—	6	—	—	—	SrCl
4093,0	—	—	—	—	1	—	C ₂	3960,9	—	—	—	—	7	—	CO ₂
4087,4	—	—	8	8	—	—	SiN	3957,0	—	—	—	—	7	—	CO ⁺
4084,3	—	—	10	—	—	—	CaO	3955,0	9	—	—	—	—	—	PbO
4082,4	—	—	—	—	9	—	O ₂ ⁺	3951,0	6	10	—	—	—	—	CaBr
4070,7	—	—	—	—	5	—	CO ₂	3949,8	—	—	—	4	4	—	SiN
4070,7	—	—	—	10	—	—	SnBr	3944,7	—	—	2	—	2	—	CN
4068,1	—	—	—	6	6	—	C ₂	3943,0	—	—	—	—	8	—	N ₂
4066,3	—	—	—	5	5	—	AlH	3940,3	—	—	—	—	5	—	N ₂
4059,4	—	—	—	—	8	—	N ₂	3938,9	3	9	8	—	8	—	S ₂
4053,0	10	10	—	—	—	—	SrBr	3937,1	10	—	6	—	—	—	SrCl
4050,7	—	—	—	8	8	—	SiN	3933,7	10	—	—	—	—	—	Ca ⁺
4048,9	—	—	—	—	5	—	CO ₂	3917,0	6	10	—	—	—	—	CaBr
4045,6	2	9	8	—	8	—	S ₂	3914,4	—	—	—	—	10	—	N ₂ ⁺
4041,8	—	—	—	3	3	—	C ₂	3912,3	—	—	—	9	—	—	O ₂
4041,7	—	—	—	—	7	—	Cl ₂ ⁺	3911,8	—	—	—	4	4	—	SiN
4035,5	—	—	—	7	—	—	BO	3909,5	—	—	3	—	3	—	CN
4033,0	—	—	—	—	7	—	Cl ₂ ⁺	—	—	—	—	—	—	—	

Таблица XV
Линии для анализа сталей

Элементы	Группы	Длины волн спектральных линий исконного элемента в Å	Условные обозначения	Длины волн спектральных линий сравнения в Å	Условные обозначения
Хром	Cr ₁	5204,52	1	5202,34	3
	Cr ₁	5208,44	2		
	Cr ₂	4254,35	1	4247,43	2
	Cr ₃	4646,17	1	4647,44	3
	C ₃	4652,16	2	4654,62	4
	Cr ₄			4643,47	5
		5409,79	1	5410,91	2
	Cr ₅			5415,21	3
				5405,78	4
		4351,05	1	4352,74	2
		4371,28	4	4375,93	3
		4922,27	1	4918,99	2
		5345,81	1	5371,49	4
		5348,32	2	5341,03	5
				5339,94	6
				5333,3	7
				5324,18	8
Вольфрам	W ₁	5053,3	1	5049,82	3
	W ₁	5054,61	2	5051,64	4
	W ₂	5514,7	1	5501,47	2
	W ₃	4659,87	1	4669,18	2
				4673,17	3
				4654,62	4
Марганец	Mn ₁	4823,51	1	4859,75	2
	Mn ₁	4783,42	5	4871,32	3
	Mn ₂			4786,81	6
		5516,77	1	5501,47	2
				5525,55	3
				5497,52	4
Молибден.	Mo ₁	5533,05	1	5501,47	2
	Mo ₁	5570,45	3	5497,52	4
	Mo ₂			5586,76	5
				5572,85	6
				5576,11	7
				5569,62	8
		6030,66	1	6076,0	2
				6065,49	3
				6042,09	4
Ванадий	V ₁	4379,24	1	4375,93	4
	V ₁	4389,97	2		
	V ₁	4395,23	3		
	V ₂	6216,37	1	6219,29	3
	V ₂	6224,5	2	6213,44	4
				6246,33	5
				6252,56	6

Продолжение

Элементы	Группы	Длины волн спектральных линий искомого элемента в Å	Условные обозначения	Длины волн спектраль- линий сравне-ния в Å	Условные обозначе-ния
Никель	Ni ₁	4714,42	1	4704,96 4707,28 4709,1 4710,29	2 3 4 5
	Ni ₂	5080,52	1	5079,24	2
	Ni ₃	5035,37	1	5036,5 5029,6 5039,28 5041,08 5041,76	2 3 4 5 6
Кобальт	Co	4867,88	1	4878,22	2
Титан	Ti	4991,07	1	4994,13	3
	Ti	4999,51	2	5001,87 5005,72 5006,13	4 5
Алюминий	Al	3961,53	1	3976,86 3973,65 3956,68 3969,26	2 3 4 5
Кремний	Si ₁	3905,53	1	3903,9 3906,48	2 3
	Si ₂	6347,01 6371,09	1 2	6408,03 6421,35 6411,66 6393,6 6400,02	3 4 5 6 7
	Nb	4672,1	1	4673,17	3
	Nb	4675,37	2	4678,85	4
Цирконий	Zr ₁	4815,63	1	5049,82	4
	Zr ₂	5046,58	2		
Цирконий	Zr ₃	5620,14		5048,45	5
				5044,22	6
				5624,55	7
Медь	Cu	5105,54	1	5096,99 5107,45 5137,39 5139,26/48	2 3 4 5

Таблица XVI

Оценки для анализа сталей

А. Основная методика. Электрод железный

Элементы	Содержания в %	Группы	Оценки интенсивностей спектральных линий
Хром	0,1 0,2 0,1—0,3 0,3—0,7 0,7—1,1 0,7—1,1 1,0—1,6 1,0—1,6 1,5—2,2 1,5—2,2 2,5—8,0 2,5—8,0 8—13 13—20 13—20 20 и больше	Cr ₁ Cr ₁ Cr ₂ Cr ₃ Cr ₃ Cr ₄ Cr ₃ Cr ₄ Cr ₃ Cr ₄ Cr ₄ Cr ₅ Cr ₅ Cr ₅ Cr ₆ Cr ₆	2 = 3 1 = 3 1 = 2 2 ≤ 5; 1 < 3 1 = 3; 2 = 4 1 < 2 1 > 3; 2 ≤ 4 1 = 2 1 > 4; 2 ≥ 4 1 > 2; 1 = 3 1 = 4 1 ≤ 2; 4 < 3 1 ≤ 2; 4 = 3 1 = 2; 4 > 3 1 < 2 1 ≥ 2
Вольфрам	до 0,4 1,0 2,0—3,0 4,0—7,0 4,0—7,0 7,0—9,0 7,0—9,0 15—20 15—20	W ₃ W ₃ W ₃ W ₃ W ₁ W ₁ W ₂ W ₁ W ₂	1 едва видна 1 < 2 1 = 2 1 ≤ 4 1 = 4 1 = 3 1 = 2 1 > 3; 2 = 4 1 > 2
Марганец	0,3—0,5 0,6—0,7 1,0 и выше около 0,4 7,0 14,0	Mn ₁ Mn ₁ Mn ₁ Mn ₁ Mn ₂ Mn ₂	1 < 2 1 = 2 1 > 2 1 = 3 1 ≥ 3 1 = 2
Ванадий	0,2 0,4 1,0—1,5 2,0—2,5	V ₁ V ₁ V ₂ V ₂	1 = 3 2 = 3 2 < 3; 1 = 4 2 = 3; 1 > 4
Молибден	менее 0,1 до 0,15 до 0,15 0,15—0,30 0,15—0,30 0,30—1,0 2,0 и больше	Mo ₁ Mo ₁ Mo ₂ Mo ₁ Mo ₂ Mo ₂ Mo ₂	1 — нет 1 ≤ 2 1 = 4 1 > 2 1 > 4; 1 ≤ 2 1 > 2; 1 ≤ 3 1 > 3

Продолжение

Элементы	Содержания в %	Группы	Оценки интенсивностей спектральных линий
Никель	0,5	Ni ₁	1 = 2
	1,5	Ni ₁	1 < 5; 1 > 4
	1,5	Ni ₂	1 появляется при редких вспышках
	3,0	Ni ₁	1 ≥ 5; 1 ≤ 3
	3,0	Ni ₂	1 ≤ 2 при частых вспышках
	10	Ni ₂	1 = 2 при очень частых вспышках
	15—20	Ni ₂	1 ≥ 2 без вспышек

Б. Основная методика. Электрод медный

Элементы	Содержания в %	Группы	Оценки интенсивностей спектральных линий
Хром	0,05	Cr ₁	1 = 4
	0,1	Cr ₁	1 ≤ 3
	0,2	Cr ₁	1 ≥ 3
	0,3	Cr ₇	1 = 7
	0,7	Cr ₇	2 = 7
	1,0	Cr ₇	1 = 6; 2 ≥ 7
	1,0	Cr ₄	1 = 2
	1,5	Cr ₇	6 ≤ 1 < 5; 2 > 7
	2,5	Cr ₇	2 = 6
	2,5	Cr ₄	1 = 3
	5	Cr ₇	1 ≥ 8; 2 = 5
	5	Cr ₄	1 ≥ 4
	10	Cr ₇	1 = 4; 2 = 8
	10	Cr ₆	1 ≤ 2
	15	Cr ₆	1 = 2
	20	Cr ₇	1 > 4; 2 ≤ 4
	20	Cr ₆	2 < 1 < 3
	30	Cr ₇	1 ≥ 4; 2 ≥ 4
	30	Cr ₆	1 = 3
Вольфрам	1,0	W ₃	1 = 3
	1,0	W ₁	1 < 4
	2,5	W ₃	1 > 3; 1 < 4
	2,5	W ₁	1 = 4
	5,0	W ₃	1 < 4
	5,0	W ₁	1 = 3
	5,0	W ₂	1 = 2
	9,0	W ₁	1 > 3; 2 ≤ 4
	9,0	W ₂	1 > 3
	18,0	W ₁	1 > 3; 2 ≥ 4
	18,0	W ₂	1 ≥ 3

Продолжение

Элементы	Содержания в %	Группы	Оценки интенсивностей спектральных линий
Марганец	до 0,15 0,2—0,5 0,5—0,7 1,0 и выше около 3,0 7,0 14,0	Mn ₁ Mn ₁ Mn ₁ Mn ₁ Mn ₁ Mn ₂ Mn ₂	1 < 2; 5 ≤ 6 1 < 2; 5 > 6 1 = 2 1 > 2; 1 < 4 1 = 4 1 ≤ 2 1 ≥ 4
Ванадий	0,15 0,30 0,50 1,0—1,5 2,0—2,5	V ₁ V ₁ V ₁ V ₂ V ₂	1 = 4 2 = 4 3 = 4 1 = 5; 2 = 3 1 > 5; 2 = 4 = 6
Молибден	до 0,15 0,15—0,30 0,3—0,6 0,6—1,2 больше 1,2	Mo ₁ Mo ₁ Mo ₁ Mo ₁ Mo ₁	1 ≤ 2 1 = 4; 3 ≤ 7 1 ≤ 6; 3 ≤ 8 1 ≤ 5; 3 = 6 1 > 5; 3 > 6
Никель	0,2 0,5 1,5 1,5 3,0 3,0 10 15—20	Ni ₁ Ni ₁ Ni ₁ Ni ₂ Ni ₁ Ni ₁ Ni ₁ Ni ₁	1 ≤ 3 1 ≤ 3 1 = 2 1 появляется при редких вспышках 4 > 1 > 2 1 < 2 при частых вспышках 1 = 2 при очень частых вспышках 1 > 2 без вспышек

В. Дополнения к основной методике

Элементы	Содержания в %	Группы	Оценки интенсивностей	Примечание
Никель . .	0,2 0,5 1,5 3,0 10 15	Ni ₃ Ni ₃ Ni ₃ Ni ₃ Ni ₃ Ni ₃	1 ≤ 2 1 ≤ 2 1 > 3; 1 < 4 1 > 4; време- нами 1 = 4 1 = 5 1 = 6	Оценки для дуги пере- менного тока В дуге постоянного тока линия никеля вспы- хивает, и в моменты вспышек интенсивность её несколько больше (см. табл. 29) Железный постоянный электрод
Кобальт . .	2 5 10	Co	1 < 2 1 = 2 1 > 2	Железный постоянный электрод

Продолжение

Элементы	Содержания в %	Группы	Оценки интенсивностей	Примечание
Молибден	около 0,05 0,07—0,08 0,1 0,12—0,13 0,15 0,17—0,18 0,2 0,23—0,25 0,28—0,30	Mo ₂ Mo ₂ Mo ₂ Mo ₂ Mo ₂ Mo ₂ Mo ₂ Mo ₂ Mo ₂	1 ≦ 2 1 ≦ 2 1 = 2 1 ≧ 2; 1 < 3 1 > 2; 1 < 3 1 ≦ 3 1 = 3 1 ≧ 3; 1 < 4 1 ≦ 4	Необходимо поддерживать ток дуги 5 а, дуговой промежуток — 1,5 мм При 0,15% 1 ярче 2 настолько же на сколько 3 ярче 1 Железный постоянный электрод
Титан . . .	следы 0,05 0,10—0,15 0,20—0,30 0,40—0,75 1—1,5	Ti Ti Ti Ti Ti	1 < 3 1 = 3 1 > 3 2 = 3 2 ≧ 4 2 = 5	Железный постоянный электрод
Алюминий	0,2 0,4 1,0 1,5—2,0	Al Al Al Al	1 = 2 1 = 3 1 ≧ 4; 1 < 5 1 = 5	Железный постоянный электрод
Кремний	0,1—0,15 0,3 0,6 0,8—1,2 1,2—1,4 1,3—1,5 1,8—2,0 1,8—2,0	Si ₂ Si ₂ Si ₂ Si ₁ Si ₂ Si ₁ Si ₂ Si ₂	1 ≦ 3 1 = 4 1 = 6; 2 = 3 1 < 2 1 > 6; 1 < 7 1 ≧ 2 1 > 7; 2 < 6 1 = 3	Группа Si ₂ видна только при искровом режиме дуги переменного тока Для группы Si ₁ постоянный электрод железный; для Si ₂ — медный
Ниобий . .	0,01—0,5 0,6—1 более 1,5	Nb Nb Nb	1 ≦ 3 1 > 3; 1 < 4 1 > 4	Электрод железный
Цирконий	0,1—1 свыше 1,2	Zr ₂ Zr ₂	2 ≦ 5 2 = 4	Электрод железный После 2 мин. горения дуги
Медь . . .	0,05 0,16 0,30 0,6	Cu Cu Cu Cu	1 = 2 1 > 3 1 > 3; 1 = 4 1 > 4; 1 < 5	Электрод цинковый

Таблица XVII

Линии для анализа сплавов на медной основе

Элементы	Группы	Длины волн спектральных линий искусственно-го элемента в Å	Условные обозначе-ния	Длины волн спектральных линий сравне-ния в Å	Условные обозначе-ния
Цинк	Zn ₁	6362,35	—	—	—
	Zn ₂	4810,53	1	4704,6	4
	Zn ₂	4722,16	2	4697,49	5
	Zn ₂	4680,14	3	4674,76	6
	Zn ₂			4651,13	7
	Zn ₃	5181,99	1	5175,89	2
	Zn ₃			5200,87	3
Никель	Ni ₁	5080,52	1	5076,17	3
	Ni ₁	5115,4	2	5111,91	4
	Ni ₁			5034,0	5
Марганец	Mn ₁	4754,04	1	4704,6	4
	Mn ₁	4709,71	2	4697,49	5
	Mn ₁	4766,43	3	4766,73	6
	Mn ₂	4502,22	1	4507,5	2
	Mn ₂			4513,2	3
	Mn ₂			4480,36	4
	Mn ₂			4530,82	5
	Mn ₂			4586,97	6
	Fe ₁	4383,55	1	4378,2	3
Железо	Fe ₁	4404,75	2	4415,6	4
	Fe ₂	5232,94	1	5245,36	2
	Pb ₁	4057,82	1	4062,7	2
Свинец	Pb ₂	5005,43	1	5016,61	2
	Sn ₁	4524,74	1	4507,5	2
Олово				4513,2	3
				4480,36	4
				4530,82	5
				4539,69	6
	Sn ₂	5631,68	1	5721,78	2
				5554,94	3
				5534,98	4
				5700,24	5
	Al	3961,53		3976,84	2
Алюминий				3973,65	3
				3956,68	4
				3969,26	5
	Si ₁	3905,53	1	3903,9	2
	Si ₂	6347,01	1	3906,48	3
				6408,03	3
				6421,35	4
				6411,66	5
				6393,6	6
Бериллий				6400,02	7
	Be	4572,67	1	4539,69	2
				4509,39	3

Таблица XVIII

Оценки для анализа сплавов на медной основе

Элементы	Содержания в %	Группы	Оценки интенсивностей	Примечание
Цинк	0,005	Zn ₂	1 видна очень слабо; 2 едва видна; 3 не видна	Электрод медный
	0,1	Zn ₂	2 ≈ 5	
	0,5	Zn ₂	2 < 4; 2 = 5	
	1	Zn ₂	2 ≥ 4; 2 = 6	
	1,5	Zn ₂	2 > 4; 3 = 6	
	5	Zn ₂	2 > 4; 3 > 6; 3 = 4	
	10	Zn ₂	3 > 4; 2 ≈ 7	
	12	Zn ₂	3 = 7; 2 > 7	
	15	Zn ₂	2 > 7; 3 ≥ 7	
	15	Zn ₃	1 ≤ 2; 1 ≈ 3	
	20	Zn ₂	3 > 7	
	более 30	Zn ₂	3 ≥ 7	
		Zn ₃	1 > 2; 1 ≈ 3	
Никель	0,5	Ni	1 ≈ 3	Электрод медный
	1	Ni	1 < 3; 2 < 4	
	2	Ni	1 < 3; 1 = 5	
	2,5	Ni	1 ≈ 3; 2 < 4	
	3	Ni	1 = 3; 2 < 4	
	4	Ni	1 ≥ 3; 2 ≈ 4	
	5	Ni	1 > 3; 2 = 4	
	6	Ni	1 > 3; 2 ≥ 4	
Марганец	0,2	Mn ₁	1 < 5; 3 = 6	Электрод медный
	0,2	Mn ₂	1 < 3	
	0,5	Mn ₁	1 = 5; 1 < 4	
	0,5	Mn ₂	1 = 3	
	1	Mn ₁	1 = 4	
	1	Mn ₂	1 = 2	
	2	Mn ₁	1 > 4; 2 ≥ 5	
	2	Mn ₂	1 > 2; 1 = 4	
	4	Mn ₁	2 = 4	
	4	Mn ₂	1 > 2; 1 = 6	
	6	Mn ₁	2 ≥ 4	
	6	Mn ₂	1 > 6; 1 ≥ 5	
	10	Mn ₁	1 > 4	
	10	Mn ₂	1 > 5	
Железо	0,1	Fe ₁	1 < 4	Электрод медный
	0,2	Fe ₁	1 = 4	
	0,5	Fe ₁	1 ≈ 3	
	0,8	Fe ₁	1 = 3	
	1,0	Fe ₁	1 ≥ 3; 2 < 3	
	1,0	Fe ₂	1 ≈ 2	
	2	Fe ₁	1 > 3; 2 = 4	
	4	Fe ₂	1 = 2	
	6	Fe ₁	2 ≥ 3	
	6	Fe ₂	1 > 2	

Продолжение

Элементы	Содержания в %	Группы	Оценки интенсивностей	Примечание
Свинец	0,05	Pb ₁	1 едва видна	Электрод медный
	0,2	Pb ₁	1 \leqslant 2	
	0,5	Pb ₁	1 < 2	
	0,5	Pb ₂	1 едва видна	
	1	Pb ₁	1 = 2	
	2	Pb ₁	1 > 2	
	2	Pb ₂	1 < 2	
	4	Pb ₂	1 \leqslant 2	
	6	Pb ₂	1 = 2	
	8	Pb ₁	1 \gg 2	
	8	Pb ₂	1 \gg 2	
	30	Pb ₂	1 \gg 2	
Олово	0,1	Sn ₁	1 = 3	Электрод медный
	0,2	Sn ₁	1 \geqslant 3	
	0,6	Sn ₁	1 = 2; 1 < 6	
	1,0	Sn ₁	1 \geqslant 2; 1 \leqslant 6	
	1,0	Sn ₂	1 < 2	
	1,5	Sn ₁	1 = 6; 1 > 2	
	1,5	Sn ₂	1 = 2	
	2,0	Sn ₁	1 \geqslant 6; 1 = 4	
	3	Sn ₂	1 > 2; 1 = 3	
	6	Sn ₁	1 = 5; 1 > 4	
	6	Sn ₂	1 \geqslant 3	
	8	Sn ₁	1 \geqslant 5	
	8	Sn ₂	1 > 3; 1 \leqslant 4	
	10	Sn ₁	1 > 5	
	10	Sn ₂	1 = 4	
	15	Sn ₂	1 \geqslant 4; 1 < 5	
	20	Sn ₂	1 > 4; 1 \leqslant 5	
Алюминий	0,1	Al	1 < 2	Электрод железный
	0,2	Al	1 = 2	
	0,4	Al	1 = 3	
	0,8	Al	1 > 3; 1 < 4	
	1,5	Al	1 \leqslant 4	
	4	Al	1 = 4; 1 < 5	
	8	Al	1 > 4; 1 < 5	
	10	Al	1 = 5	
Кремний	0,7	Si ₁	1 < 2	Электрод железный
	1,0	Si ₂	1 \leqslant 3	
	2,0	Si ₁	1 = 2	
	2,0	Si ₂	1 > 3; 1 \leqslant 4	
	3	Si ₁	1 > 2	
	4	Si ₂	1 = 6	
	5	Si ₂	1 = 7	
Бериллий	2	Be	1 \leqslant 2; 1 = 3	Электрод медный

Таблица XIX
Линии для анализа сплавов на алюминиевой основе

Элементы	Группы	Длины волн спектральных линий элемента в Å	Условные обозначения	Длины волн спектральных линий сравнения в Å	Условные обозначения	Примечание
Магний	Mg	5183,62	1	5187,9	3	Электрод железный
	Mg	5172,7	2	5168,9 5171,6 5159,05 5167,49	4 5 6 7	
Медь	Cu ₁	5105,54	1	5121,6 5096,99 5110,41 5107,45 5142,54	2 3 4 5 6	Электрод железный
	Cu ₂	5105,54	1	5102,0	4	
	Cu ₂	5153,23	2	5123,0	5	Электрод алюминиевый
	Cu ₂	5220,07	3	5143,0 5161,0 5177,0 5192,0	6 7 8 9	
	Cu ₃	5292,52	1	5287,92 5302,31 5273,17 5281,79 5324,18	2 3 4 5 6	Линии сравнения—канты полосатого спектра Электрод железный
	Mn	4823,52	1	4789,65 4859,75 4871,32	2 3 4	
Железо	Fe	5269,54	1	5245,36	3	Электрод железный
Кремний	Fe	5227,19		5292,52	4	Электрод медный Электрод железный
	Si ₁	3905,53	1	3902,95 3903,9 3906,48	2 3 4	
	Si ₂	6347,01 6371,09	1 2	6408,03 6421,35 6411,66 6393,6 6400,02 6243,36	3 4 5 6 7 8	Линия Al

Таблица XX

Оценки для анализа сплавов на алюминиевой основе

Элементы	Содержания в %	Группы	Оценки интенсивностей
Магний	0,01	Mg	1 < 4; 1 > 3
	0,05	Mg	1 = 4
	0,08	Mg	1 = 6
	0,1	Mg	1 = 5; 2 = 4
	0,2	Mg	2 = 5
	0,5	Mg	2 > 5; 1 < 7
	1,0	Mg	1 = 7
Медь	2,0	Mg	2 = 7
	0,05	Cu ₁	1 ≥ 2
	0,05	Cu ₂	1 ≤ 9
	0,1	Cu ₁	1 = 3
	0,1	Cu ₂	1 = 8
	0,2	Cu ₁	1 = 4
	0,2	Cu ₂	1 > 6; 2 ≤ 8
	0,5	Cu ₁	1 = 5
	0,5	Cu ₂	1 ≥ 4; 2 = 7
	1,0	Cu ₁	1 > 5
	1,0	Cu ₂	2 ≤ 4; 3 = 9
	1,0	Cu ₃	1 = 2
	1,5	Cu ₂	2 > 4; 3 = 7
	2,0	Cu ₃	1 > 2; 1 < 3
	2,5	Cu ₂	3 = 6
	3,5	Cu ₂	3 = 4
Марганец	4,0	Cu ₁	1 = 6
	4,0	Cu ₃	1 ≤ 3; 1 ≤ 4
	5,0	Cu ₂	3 > 4
	6,0	Cu ₃	1 = 4
	10	Cu ₃	1 > 4; 1 = 3
	свыше 15	Cu ₃	1 > 3
	0,2	Mn	1 > 2; 1 ≤ 3
Железо	0,5	Mn	1 = 3
	1,0	Mn	1 ≥ 3; 1 ≤ 4
	2,0	Mn	1 = 4
	0,2	Fe	1 = 3
	0,3	Fe	1 ≥ 3; 2 ≤ 3
	0,5	Fe	1 ≥ 3; 2 ≤ 3
	0,7	Fe	2 = 3
Кремний	1,0	Fe	2 ≥ 3; 1 ≤ 4
	2,0	Fe	2 ≥ 3; 1 = 4
	0,15–0,2	Si ₂	1 ≤ 3
	0,2–0,3	Si ₂	1 < 3
	0,4–0,5	Si ₂	1 = 3
	0,7	Si ₂	1 = 4; 2 ≤ 3
	1,0	Si ₂	1 = 5; 2 ≥ 3; 2 < 4
	1,0	Si ₁	1 = 3
	1,3	Si ₂	1 ≥ 5; 1 = 6; 2 = 4
	1,7	Si ₂	1 ≤ 7; 2 ≤ 6
	2–2,5	Si ₂	2 = 6
	2–3	Si ₁	1 > 3; 1 < 4

Продолжение

Элементы	Содержания в %	Группы	Оценки интенсивностей
Кремний	4—4,5	Si ₅	1=7; 2>6
	6—7	Si ₂	1=8
	7	Si ₁	1=4
	8—10	Si ₂	1=8; 2=7
	12—15	Si ₁	1>4; 1=2
	15	Si ₂	1>8; 2>7
	20	Si ₂	2=8
	20	Si ₁	1>2
	30	Si ₁	1>2

Таблица XXI
Линии для анализа сплавов на цинковой основе

Элементы	Группа	Длины волн спектральных линий искомого элемента в Å	Условные обозначения	Длины волн спектральных линий сравнения железа в Å	Условные обозначения
Медь	Cu ₃	5292,52	1	5287,92 5302,31 5273,17 5281,80 5324,18	2 3 4 5 6
Свинец	Pb	4057,82	1	4062,44 4005,25 4063,60	2 3 4
Алюминий	Al	3961,53	1	3956,68	3
	Al	3944,03	2	3959,26	4

Таблица XXII
Оценки для анализа сплавов на цинковой основе

Элементы	Содержания в %	Группы	Оценки интенсивностей
Медь	1	Cu ₃	1>2; 1≤4
	2	Cu ₃	1≥4; 1=5
	4	Cu ₃	1=3
	6—8	Cu ₃	1>3; 1<6
	0,2	Pb	1=2
	0,5	Pb	1=3
	0,8	Pb	1>3; 1≤4
	1,0	Pb	1=4
	1,5	Pb	1≥4
	2,0	Pb	1>4
Свинец	0,5	Al	1=3
	1,0	Al	1≤4
	2	Al	1=4
	5	Al	2=4
	8	Al	2>4
	10—12	Al	2>4
Алюминий	0,5	Al	1=3
	1,0	Al	1≤4
	2	Al	1=4
	5	Al	2=4
	8	Al	2>4
	10—12	Al	2>4

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

I. Книги и руководства

1. Филиппов А. Н., Спектральный анализ и его применения, ОНТИ, 1937.
2. Герлах В., Спектрохимический эмиссионный анализ, ОНТИ, 1937.
3. Шайбе Г., Химический спектральный анализ, ОНТИ, 1936.
4. Фриш С. Э., Техника спектроскопии, Изд. ЛГУ, 1936.
5. Введенский Л. Е., Мандельштам С. Л., Райский С. М., Смирнов В. Ф., Стриганов А. Р. и Сухенко К. А., Методы спектрального анализа металлов, ГИТТЛ, 1940.
6. Мандельштам С. Л., Введение в спектральный анализ, Гостехиздат, 1946.
7. Стриганов А. Р., Спектральный анализ алюминия и его сплавов, Оборонгиз, 1940.
8. Артамонов П. П., Юстировка и чистка оптических приборов, Стандартгиз, 1945.
9. Акланд М. И. и Паносов В. И., Стандартные образцы и их применение, Металлургиздат, 1944.
10. Методы анализа металлов и электролитных ванн, Оборонгиз, 1944.
11. Triché H., Application de l'analyse spectrographique et l'étude des alliages, Paris, 1937.
12. Стилоскоп СЛ-3. Устройство и правила пользования, под редакцией Храновского С. А., изд. зав. № 350, 1944.
13. Стилоскоп. Устройство и правила пользования, ЛОМЗ, Наркоммаш, Государственная контора справочников и каталогов, 1939.
14. Селянинов Е. П., Инструкция по сортировке победитов при помощи стилоскопа, Горький, Гос. университет, 1944.
15. Свентицкий Н. С., Инструкция по сортировке цветных сплавов стилоскопом, Мар. Гос. изд., 1942.
16. Болховитинов Н. Ф., Проектирование лабораторий, ОНТИ, 1935.
17. Грамматиков А. С., Техника безопасности в электрических установках, ГОНТИ, 1938.
18. Плотровский М. Ю., Глаз как физический прибор, ГИЗ, 1928.
19. Кравков С. В., Глаз и его работа, Биомедгиз, 1936.

II. Таблицы и атласы спектральных линий

20. Таблицы спектральных линий под редакцией Мандельштама С. Л. и Райского С. М., ГОНТИ НКТП, 1938.
21. Garrison G., Wavelength, Tables of 100 000 Principal Spectrum Lines emitted by London — New York, 1939.
22. Smith D., Visual Lines for Spectrum Analysis, London, 1928.
23. Eder I. und Valenta E., Atlas der typischen Spektren, Wien, 1911.
24. Gaterer A. und Junkes G., Atlas der Restlinien, Speccola Vaticana, 1937.
25. Gaterer A. and Junkes G., Arc Spectrum of Iron, from 8388 to 2242A, Castel Gandolfo, 1935.
26. Spectrogram of Iron (2100—6678), Spectrogram of Copper (2043—6678A), A. Hilger, London.
27. Pearce R. W. B. and Gaydon A. G., The Identification of Molecular Spectra, New York, 1941.
- 27a. Brode W. R., Chemical Spectroscopy, New York, 1945.

III. Журнальная литература

28. Мандельштам С. Л., О применении спектральных методов к анализу металлов, Зав. лаб., VI, 54, 1937.
29. Ландсберг Г. С., Пути развития спектрального анализа, Изв. АН СССР, сер. физ., № 2, 101, 1937; Прокофьев В. К., Применение спектрального анализа в исследовании минералов и руд, Изв. АН СССР, сер. физ., № 2, 113, 1937; Мандельштам С. Л., Применение спектральных методов к анализу металлов, Изв. АН СССР, сер. физ., № 2, 127, 1937; Ландсберг Г. С., Современное состояние прикладной спектроскопии и её очередные задачи, Изв. АН, сер. физ., № 2—3, 1941.
30. Райский С. М., Опыт применения спектрального анализа в промышленности, Зав. лаб., VIII, 778, 1939.
31. Ландсберг Г. С., Спектральный анализ и его применения, Советская наука, № 2, 51, 1941.
32. Ландсберг Г. С., Спектральный анализ, Зав. лаб., X, 563, 1941.
33. Прокофьев В. К., Спектральный анализ в практике заводских лабораторий, Вооружение, № 9, 12, 1941.
34. Прокофьев В. К., Спектральные методы контроля состава металлов в машиностроении и металлургии, Оптико-механическая промышленность, № 10 (102), 13, 1939.
35. Прокофьев В. К., Спектральный анализ в заводской практике, Труды Всесоюзной конференции по аналитической химии АН СССР, II, 176, 1943.
36. Хршановский С. А., Некоторые итоги построения спектральной аппаратуры, Изв. АН СССР, сер. физ., V, 376, 1941.
37. Хршановский С. А., Аппаратура для спектрально-аналитических исследований и её производство в СССР, Изв. АН СССР, сер. физ., IX, 721, 1945.
38. Хршановский С. А., Аппаратура для спектрального анализа производства завода им. ОГПУ, Зав. лаб., XII, 620, 1946.
39. Kirchhoff G. und Bunsen R., Pogg. Ann., 110, 161, 1860.
40. Twynan F., The spectrochemical Analysis of Metals and Alloys, London, 275, 1941.
41. Fisher A., Machinery, London, 53, 745, 1939.
42. Dreblow S. S. and Harvey A., Industrial and Engineering chemistry, No. 7, 1933.
43. Смирнов В. Ф., ЖТФ, VII, 1552, 1937.
44. Абрамсон Я. П., Применение спектрального анализа для быстрой сортировки металлов, Зав. лаб., III, 1940, 1934.
45. Русанов А. К., Визуальный спектроскопический метод количественного анализа растворов, Зав. лаб., III, 915, 1934.
46. Schießman O., Arch. Eisenhüttenwesen, 8, 159, 1934.
47. Снесарев А. П., Розанов Н. Н. и Асосков П. И., Спектральный метод быстрого количественного определения элементов, Редкие металлы, № 5, 42, 1934.
48. Ландсберг Г. С., Мандельштам С. Л., Цейден В. В. и Тулянкин С. В., Зав. лаб., IV, 1220, 1935.
49. Gair C. I. D., Chemical Age, 33, 517, 1935.
50. Шубин М. И., Применение спектрального анализа для быстрой сортировки цветных сплавов, Зав. лаб., V, 1531, 1936.
51. Применение стилометра и стилоскопа при анализе специальных сталей, Зав. лаб., V, 1531, 1936.
52. Иванцов Л. М. и Мандельштам С. Л., Зав. лаб., VI, 66, 1937.
53. Матвеев К. И., Применение спектрального анализа при определении химического состава легированных сталей, Зав. лаб., VI, 456, 1937.
54. Стриганов А. Р., Зав. лаб., VI, 1098, 1937.

55. Кјегтап К., Phragmen G. and Riman B., Jernkontor., Ann., 121, 703, 1937.
56. Гриঙауз Л. И. и Дерман Г. М., Метод спектрального анализа в применении к определению кальция, натрия, калия и стронция в производстве редких элементов, Зав. лаб., VII, 314, 1938.
57. Фёдоров А. А., Определение в легированных сталях титана, ниобия и циркония, Зав. лаб., VIII, 1867, 1939.
58. Явнель А. А., Зав. лаб., IX, 999, 1940.
59. Смирнов В. Ф., Зав. лаб., IX, 1269, 1940.
60. Илларионов Г. П. и Чудновский Г. М., Некоторые приспособления для спектрального анализа, Зав. лаб., IX, 117, 1940.
61. Кирин И. С. и Свентицкий Н. С., Анализ сталей с помощью стилоскопа на кремний, Зав. лаб., IX, 1270, 1940.
62. Белькевич Я. Н., Брук Д. Е., Свентицкий Н. С., Зав. лаб., IX, 1279, 1940.
63. Бельмасов В. Б., Сортировка бронзы и латуни с помощью стилоскопа, Зав. лаб., IX, 1272, 1940.
64. Гольдер Г., Некоторые результаты применения полуколичественных методов анализа в практике заводов, Изв. АН СССР, сер. физ., IV, 218, 1940.
65. Иоффе Л. М., Опыт организации спектрального анализа, Вооружение, № 9, 15, 1941.
66. Скляров А. А., Применение спектрального анализа на Харьковском электромашиностроительном заводе, Изв. АН СССР, сер. физ., V, 319, 1941.
67. Брук Л. Е., Из опыта применения спектрального анализа на Кировском заводе, Изв. АН СССР, сер. физ., V, 331, 1941.
68. Иоффе Л. М., Изв. АН СССР, сер. физ., V, 335, 1941.
69. Бельмасов Б. Е., Изв. АН СССР, сер. физ. V, 343, 1941.
70. Седов Я. С., Опыт применения спектрального анализа сталей, Изв. АН СССР, сер. физ., V, 349, 1941.
71. Бортников Н. И., Изв. АН СССР, сер. физ., V, 353, 1941.
72. Илларионов Г. П., Изв. АН СССР, сер. физ., V, 358, 1941.
73. Емегу F. H., JOSA, 31, 160, 1941.
74. Danielli L. ed Сориано F. M., Bull. Sci. F., col. Chim. Ind., 3, 13, 1942.
75. Полозова Г. Г. и Свентицкий Н. С., Канты радикала А₀ как внутренний стандарт для спектрального анализа, Изв. АН СССР, 46, 12, 1945.
76. Рожков Е. М., Применение спектрального анализа на Чусовском металлургическом заводе, Изв. АН СССР, сер. физ., IX, 673, 1945.
77. Смирнов В. Ф., Изв. АН СССР, сер. физ., IX, 739, 1945.
78. Любимов А. П., Мандельштам С. Л., Филимонов Л. Н. и Фокин А. Н., Изв. АН СССР, сер. физ., IX, 745, 1945.
79. Симкин А. Г., Применение переносного стилоскопа на заводах Главвторчермета, Изв. АН СССР, сер. физ., IX, 748, 1945.
80. Филимонов Л. Н., Спектральный анализ малых концентраций ванадия в стали при помощи стилоскопа, Зав. лаб., XI, 74, 1945.
81. Филимонов Л. Н., Сортировка шарикоподшипниковой стали ШХ6, ШХ9, ШХ15 методом спектрального анализа на стилоскопе, Зав. лаб., XI, 98, 1945.
82. Любимов А. П., Мандельштам С. Л., Филимонов Л. Н. и Фокин Н. А., Переносный стилоскоп и его применение, Зав. лаб., XI, 174, 1945.
83. Смирнов В. Ф., Зав. лаб., XI, 314, 1945.
84. Козленко Д. М., Об определении ванадия в стали при помощи ЭБ "стилоскопа", Зав. лаб., XI, 487, 1945.

85. Лохов П. Ф., Зав. лаб., XI, 862, 1945.
86. Минц И. М., Сортировка железо — никель — алюминиевых магнитных сплавов при помощи стилоскопа, Зав. лаб., XI, 959, 1945.
87. Козленко Д. М., Использование эталонов с целью повышения точности анализов на стилоскопе, Зав. лаб., XI, 1137, 1945.
88. Иванова Е. Н. и Патрик М. Я., Зав. лаб., XII, 509, 1946.
89. Ломоносова Л. С., Зав. лаб., XII, 635, 1946.
90. Свентицкий Н. С., Фёдоров М. Ф. и Худоминская Л. С., К определению никеля в сталях на стилоскопе, Зав. лаб., XII, 569, 1945.
91. Хршановский С. А., Новый прибор для оперативной сортировки металлов, Производственно-технический бюллетень Министерства Вооружения СССР, № 9, 7, 1946.
92. General Catalogue of the manufactures of Adam Hilger Ltd., p. D., 20, March, 1928.
93. Worthshop Engineering, 132, 746, 1131; The «Spekkersteeloscope», The Electrician, 108, 363, 1932.
94. Кабанин В. Г., Технический отчёт по теме 59, завод им. Сталина, Горький, 1943; Иванцев Л. М., Изв. АН СССР, сер. физ., IX, 733, 1945.
95. Хршановский С. А., Доклад на совещании работников заводских лабораторий Наркомата Вооружения, Иошкар-Ола, 1943.
96. Steeloscope «Spekker», Adern Hieger Ltd., Sb. 243/6.
97. Комер В. Г., ЖТФ, 14, 407, 1944; Рахматуллин К. З., ЖТФ, 14, 404, 1944; Беляков-Бодин И. Б. и Мандельштам С. Л., Изв. АН СССР, сер. физ., V, 223, 1941; ЖТФ, X, 332, 1940; ЖТФ, 14, 400, 1944.
98. Свентицкий Н. С., Изв. АН СССР, сер. физ., V, 222, 1941.
99. Абрамсон И. С. и Свентицкий Н. С., ЖТФ, XVII, 43, 1947.
100. Curchill H. and Curchill S., JOSA, 31, 611, 1941.
101. Свентицкий Н. С., ЖТФ, 19, 605, 1944.
102. Русанов А. К., Изв. АН СССР, сер. физ., IV, 194, 1940.
103. Герлах В., УФН, XII, 44, 1932.
104. Корицкий В. Г., Доклад на 5-й Всесоюзной конференции по спектральному анализу, Ленинград, 1946.
105. Дубровская О. Н., Зав. лаб., XIII, 223, 1947.
106. Фёдоров А., Изв. АН СССР, сер. физ., IV, 212, 1940.
107. Корж П. Д. и Шутман М. Н., Зав. лаб., XIII, 190, 1947.
108. Тихомирова Н. К., Зав. лаб., XIII, 221, 1947.
109. Минц И. М., Зав. лаб., XII, 884, 1946.
110. Бланк О. В. и Свентицкий Н. С., ДАН СССР, 44, 63, 1944.
111. Кибисов Г. И., Овчинникова Н. Ф. и Свентицкий Н. С., Спектральное определение серы на стилоскопе, Зав. лаб., XIII, 186, 1947.
112. Свентицкий Н. С. и Таганов К. И., Зав. лаб., XIII, 1947.
113. Лазаренко Б. Р., Вестник машиностроения, 27, № 1, 25, 1947.
114. Коновалов В. А. и Фриш С. Э., ЖТФ, IV, 522, 1934.
115. Иванцев Л. М., Изв. АН СССР, сер. физ., IX, 733, 1945.
116. Прилежаева Н. А. и Семёнова О. П., Изв. АН СССР, сер. физ., IX, 769, 1945.
117. Корж П. Д. и Шутман М. Н., Зав. лаб., XIII, 441, 1947.
118. Козленко Д. М., Зав. лаб., IX, 509, 1945.
119. Occhialini A., Atti Lincei Rend, 9 (6), 573, 1929.
120. Pastore S., Metallurgia Italiana, 29, 163, 1937.
121. Введенский Л. Е. и Мандельштам С. Л., Зав. лаб., V, 972, 1936.

Спектр железа

Таблица 1

6968.55		
	31.20	
7507.32	7511.09	
7491.68	7495.12	
8338.47		6885.75
	8331.94	
	8327.04	
8248.09		6852.96
33.09		58.19
32.33		6855.15
8207.75		6843.89
8198.95		91.35
8220.41		28.62
8085.19		
8046.88		
8028.31		
7934.48	7939.00	
7941.08	7945.91	
	37.18	
7912.85		
~78.07		
	7832.24	
	7780.82	
7751.18		
7742.71	7748.30	
23.20		
	7710.40	
	7661.31	
	61.24	
1	7620.54	
	7586.08	
	63.81	
	7588.94	
7546.18		
	7531.20	
7507.32	7511.09	
7491.68	7495.12	
7546.18		
	5858.19	
	55.15	
	6843.65	
2		
	7112.17	
	07.46	
	7095.93	
	88.73	
	63.38	
	71.88	
	7030.41	
	7035.23	
	7024.09	
	22.38	
	08.02	
	6999.92	
	6988.52	
	6978.86	
	6951.29	
	6945.22	
	70.72	
	3	
	6930.86	
	6931.36	
	19.39	
	6471.67	
	08.07	
	6400.02	
	6393.61	

64	60	56
-30.88+	65.49+	85.53
21.38+		79.02
18.99		87.53
-11.67		82.53
-56.04		58.84/54+
-06.34/02		55.51/18
53.67		
64		
63		
-58.88		
-55.09~		
+ 44.16		
-36.84		
-35.39+		
+ 22.70		
15.81/32		
-18.02~		
-02.51		
-01.52		
50.97		
63		
62		
80.62		
70.23		
-85.15+		
56.37		
-54.27+		
-52.57+		
40.85		
-46.39		
-32.66		
-27.23		
-30.73+		
15.15		
-18.29~		
-13.44		
-00.32		
81.57		
62		
88.04		
61		
-83.51/22		
73.35+		
70.50		
65.37		
-57.73~		
51.63		
47.84		
91.74		
-37.70~		
-37.01		
+ 27.82		
12.72		
03.20		
02.18		
96.89		
89.37		
85.27		
82.72		
-79.02		
-78.93		
-65.92+		
4		
-55.39		
42.09		
-27.06~		
-24.06		
-30.06		
ЭБ "Научное наследие России"	60	
	57	
	56	
55.39		
42.09		
-27.06		
16.02		
60		
59		
37.81		
-78.80		
75.35		
	87.05	
	84.81	
	83.70	
	56.70	
	52.75	
33.08		
58		
Na		
Na		
-85.70		
14.53		
59		
58		
Na		
Na		
71.04		
57.13		
55.08		
30.80		
29.55		
15.18		
11.93		
04.06		
88.19		
93.93		
85.23		
84.69		
Cu		
80.62		
62.43		
60.35		
56.78		
95.74		
47.95		
41.86		
	63.02~	
	53.5	
	52.04	
	75.10	
	31.78	
5		
15.11		
11.87		
06.11		
07.07		
04.72		
93.84		
37.51		
36.53		
	17.85	
	09.90~	
	05.88/48	
	01.55~	
	57	
	56	
91.51		
-43.99		
-42.3		
37.41/8.71		
35.85		
30.37		
21.28		
20.53		
-16.8		
00.29		
56		
55		
84.76		
-82.7		
-80.8		
-79.4		
67.40		
62.71		
60.23		
57.95		
53.59		
46.51		
38.54		
32.75~		
28.15		
22.98		
-20.8		
-19.2		
-17.0		
18.27		
08.34		
-34.3		
03.08		
+ 87.52		
39.97		
93.51		
83.11		
78.48		
72.72		
-70.1		
64.29		
-48.4		
-47.5		
-39.4		
36.58		
66.42/59		
53.27		
62.98		
55.51/44~		
6		
-17.8		
-09.8		
09.13		
04.13		
00.50		
56.29		
+ 97.14		
33.19		
91.59/49		
88.46		

98.29	53
91.89	97.14+
91.99	93.19
86.39	89.96
79.58	83.37
73.70	71.50+
67.79	69.96
61.5	67.98
	65.40
	64.86
	53.39
49.74	
43.46	41.03+
	39.95
30.00	32.91/67+
25.15	28.54+
	28.04
	24.20+
	22.05
16.66	
	07.36+
88.78	53
	52
	88.53
	83.63
80.36/06	81.80
	73.38/18
	70.36+
	69.54
63.87	66.57+
	63.32
	54.98
51.97	53.48-
	50.85+
	50.21
43.80	47.05
	42.50+
	35.39
	32.88+
	29.86
23.41	27.13+
	26.88
	25.53
	17.41
Cu 18.21	16.28+
17.38	15.20
	08.67
52	06.04
Cr	04.59
51	02.39+
	98.72+
96.10	95.97
	94.85
87.32	92.38+
84.30	91.48
7	
	71.60+
	69.03
	68.90
65.43	67.49+
	66.23
59.97	62.31
+ 51.92	
+ 50.85	
	51

62.31	51
59.07	51.92
	50.85+
	48.26/0,
	42.94/5,
	41.75
	39.46/2
	37.40
	33.67
	31.48
26.6/23	27.38+
	25.14
	23.78-
	21.65
51	
50	98.71+
	96.99
	90.79
	83.34
	79.74
	79.23/0,
47.8	74.75
	72.7
	72.08
57.16	68.78
	65.20/0
50.09	
54.65	51.64+
	49.83-
	48.45
	44.24
	41.76-
	41.08+
	39.26
16.83	29.68
	28.14
	27.14
	22.26
	21.89
18.44	
	19.96
	12.07+
	07.31
	06.13
02.82	05.73
	01.88+
85.56/27	50
	49
	99.13+
	91.28
	88.91
	80.14
	89.89
	88.47+
	88.79/27
82.58	78.62
	73.11
10.50	69.99
68.71	67.89
	66.10
49	

78.82	49
	73.11
	69.94
	67.89
	66.10+
52.65	57.61
	57.31
Cr 92.48	39.68/25+
	38.82
	38.18
	34.02
	33.35
	30.33
	29.78+
	20.52
	19.01+
	17.25
	11.80
	10.57/33
	10.03
	07.75
	03.33+
	49
	48
	92.86
	91.57
	90.77
	87.2
	86.39
	85.44
	78.23+
	75.89
	72.79
	71.33
~ 60.9	63.56
~ 57.3	58.76+
9	55.69
	48.90
	45.65
	44.02
	43.16
	39.55
	38.52
	35.87
	32.73
~ 27.7	24.16
~ 25.4	23.52 Mn
	17.78
15.3	
73.2	
09.74	08.69
08.76	07.73
04.53	02.89+
00.14	00.55
89.89	48
88.47	
88.79/27	47
	91.25
	88.66+
	88.76+
	86.81+
	83.43 Mn
	78.44
	76.39/08
	72.82/70+
	71.72
	68.90
	47

72.82		47
~ 68.9	68.40	
* 66.42		
Mn 65.85	62.38 Mn	
~ 65.4	61.53 Mn	
55.88	57.58	
57.10	59.05 Mn	
49.93		
	48.87	
	45.80	
47.09	41.53	
Mn 39.0	40.34	
37.53	37.63	
	36.79+	
34.10	35.84	
30.90	33.59+	
28.70	31.49	
28.08	28.55	
26.17	27.41	
25.94		
~ 18.5	21.00	
~ 17.7		
~ 16.9		
12.10	19.37/07	
11.48	10.28	
	09.09	
05.95	08.97	
	07.46/24	
	04.86	
~ 58.81	01.05	
	00.20	
99.85	47	
19.50	46	
0.71	31.57+	
87.39	30.75	
~ 85.20		
~ 89.7	83.57	
82.58	82.11	
81.98	78.86+	
80.30	79.28	
Dz 74.78	73.17+	
	69.18	
	68.15	
Dz 59.87	67.45+	
63.78	61.88	
	61.54	
~ 58.7		
57.60	59.86	
53.5	54.84/50+	
Dz 51.30		
Dz 51.77	47.44+	
	46.17 Cr	
(10)	43.47	
	40.3	
7 39.73	38.02+	
* 33.6	37.58	
31.45	35.82	
28.33	32.92+	
~ 27.8	30.13+	
~ 26.18		
~ 23.8	25.06	
~ 22.7		
20.52	19.30	
	16.13 Cr	
14.21	15.57	
~ 13.8	13.22	
	11.29	
04.89	07.67	
03.96	05.25	
40.96/75	02.85+	
39.80	02.00+	
38.74		
37.4	45	
33.5	35.06	
~ 22.48	35.37	

99.90	45
97.4	-98.13
93.5	-96.06
Cr 91.47	-95.37
	-92.66+
	-87.19+
83.84	-84.83/73
Cr 80.06	-81.53
70.83	-80.60
75.9	-79.73
74.24	-71.12 Mg
	-68.84/73
Cr 63.72	-66.99/53
	-65.68/32
61.7	-60.77
~ 61.0	-59.13
58.11	-56.13
~ 57.2	-55.30
56.34	-52.55
54.49	-50.82
51.7	-93.48
~ 48.5	-97.85+
Cr 45.86	-97.03
42.72	-92.02
42.0	-38.76
Cr 40.77	-28.62/48
37.58	-25.75
36.5	-23.40
Cr 34.00	-17.53+
33.14	19.19+
09.8	45
09.3	44
08.29	-94.57+
04.85	-95.59
03.59	-92.69
02.22	-90.77
~ 00.6	-90.09 Mn
Mn 88.9	-89.74+
85.57	-85.57
85.37	-84.23
88.32	-82.77
88.13	-82.26
80.14	-81.52
79.51	-76.02+
78.1	-72.71
71.8	-69.38
(11)	-66.99
	-65.56+
63.5	-64.77
63.4	-61.66+
	-61.21
	-59.13-
Mn 57.55	-58.76
56.30/39	-58.10
52.58/88	-55.09
~ 53.4	-54.39
Mn 51.59	44
50.39	

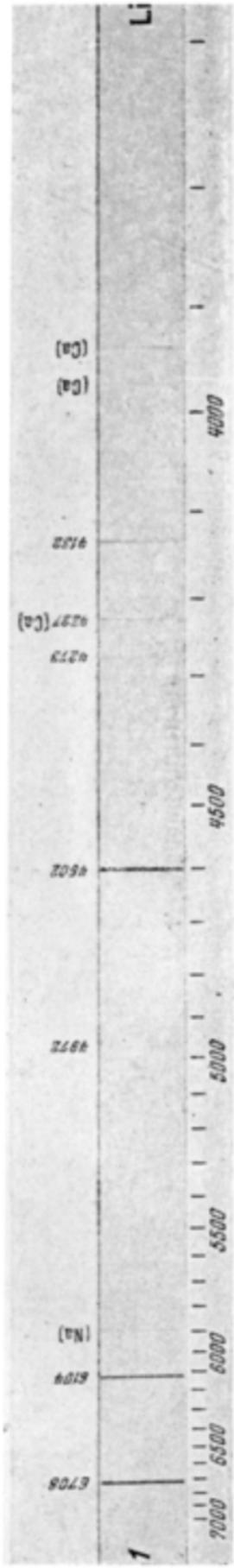
	44
58.10	51.66
58.80/34	51.21
55.04	59.13
54.67	54.39
-53.4	51.59 Mo
	51.61
	50.32
	47.73+
	47.17
45.43	46.85
	43.20+
	42.89
	42.35+
40.97/84	41.96
40.48	38.89/54
	38.36
	38.33
	35.15+
	33.22
32.58	30.57+
	30.20
28.0	27.31+
	25.88
	23.85+
23.15	22.57/88
18.43	
	15.13
11.92	
	09.12
	08.92+
	07.72+
	04.75
	01.45/30
	44
95.57	43
95.38	
92.5	
91.33	90.56+
90.48	88.25
	88.12
	87.80+
	85.26
	84.88
	83.55
	77.80
	75.78
	75.53+
	74.50
	70.57
71.36	72.89
	69.78+
	67.91
	67.58+
	65.90
(12)	
	60.91
	58.51+
Cr 51.77	58.78+
Cr 51.05	51.55+
	48.95
47.04	47.85
	46.56+
	44.51
	43.70
	43.28
43.25	
	38.27
	37.05
	43

48.85	43	43.78/37	42	56.61/67	41
47.85	46.56+	47.11	40.37	53.39	54.88/50+
47.24	43.70	~39.4	39.85	53.33	53.33
Cr 44.51	45.28		38.82	52.17	52.17
40.5			38.04	51.91	51.91
39.25			37.18	49.38	49.38
	38.27		35.95	47.68+	47.68+
	37.05+		33.61+	46.07	
			32.72	45.81	
			29.75	42.63	42.63
	30.95		28.52	47.3	43.87+
	27.82		27.44	47.86	42.42+
	27.10+		25.73 6a	40.44	39.93
	26.76		25.93	~37.5	37.00+
	25.77+		25.56/46		36.52
	24.98		24.51/18		34.68+
	21.80		22.22		33.87
			20.34		32.91+
			19.37+		32.05+
	15.09+		17.56		31.50
	10.38	09.38	15.19+		
		09.04	15.42		
	06.7	07.91+	13.65+		
	04.55	05.46/2+	10.36		
			08.61		
	43		07.13		
	02.19	42	06.70		
	00.63	41	05.54		
			03.39+		
			02.76		
	52.29	94.13+	03.57		
	92.11	91.47	02.03+		
	90.87	89.73 Cr	00.92		
	90.38	88.15	99.97		
	88.96		99.10		
	86.98/69	85.45+	98.55		
	84.4		98.31/27		
			98.57/53		
			38.22		
			55.62/34		
	82.47				
	80.52	79.87	84.49		
		79.48	83.03		
	- 77.9	78.23/13	82.79		
		76.87	81.76+		
	75.6	79.80 Cr	80.5		
	73.87	71.77+	79.3~		
		71.17	77.60+		
	- 69.7	68.75	76.57		
		67.83+	75.54		
		66.97+	74.92		
		65.26	73.93		
	64.72	64.21	72.13		
			71.90/70		
			70.90+		
	58.85	60.48	68.78		
	58.61	58.29	68.94		
	58.39		67.86/95		
	58.21		66.63		
	55.85	54.34 Cr	65.98		
	55.50		65.31		
	54.99		65.07		
		50.79+	58.80		
		50.13	57.81		
		48.22	56.81/81/87		
		47.44	54.82		
		46.09	59.50+		
		45.26+	53.92		
	44.92		52.17		
	43.79/37	42.73	51.96		
	41.77		48.87+		
	40.37	39.85	43.92		
	~ 39.4	38.82	41		
		38.04			
		37.18			
		35.85			
	32.72	33.61			
		42			

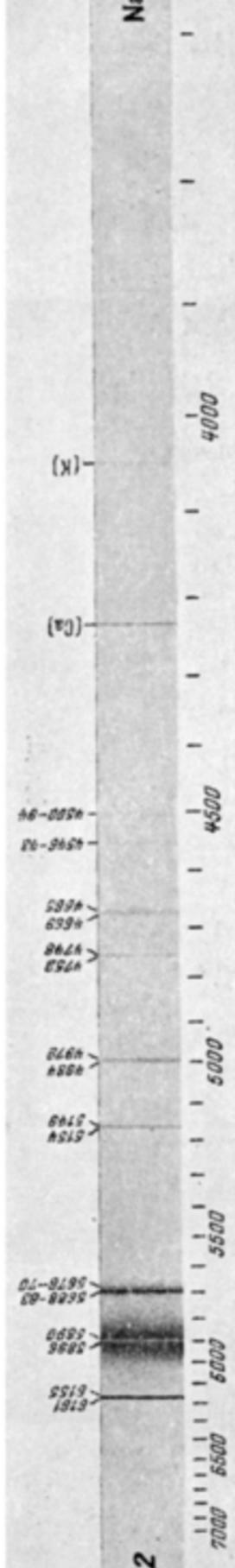
65.40	40	39
64.98		38
63.60/33		38
62.45+		37.69
61.96	39	37.69
61.12		35.85
60.78		35.03
56.35	39	34.01
50.55/55		33.92
55.05		33.90/32
54.18	39	31.93
54.88/23		30.84
52.66	39	30.83
52.47		30.83
52.31		30.51
50.68	39	30.51
49.39		29.71
48.76/17		28.55
47.32		28.55
45.82+		28.51
44.62+		28.36
43.90		28.25
~ 41.58	41.37/23	27.71
40.09/34	41.29	28.56
~ 38.7	40.69	28.56
~ 37.17	38.82	28.02
~ 36.4		28.02
Ma 35.73/	39.93/27	27.76
35.56	33.07/20	27.51
31.80	32.64/20	27.51
31.27	31.97+	27.51
30.76/27	30.76/27	27.04
28.76	30.51	27.04
	30.19	27.04
	29.54	27.04
~ 25.8	24.75	26.50
22.70	24.10	26.50
22.45		26.22
22.15	21.87/62+	26.22
20.49		26.22
~ 19.04	18.28/11 Mn	25.53
~ 17.43	17.16	25.53
~ 15.7	16.93	25.31
14.28	19.59	25.31
	13.83/8/II	25.31
12.16	13.84	25.31
11.71	11.92	25.31
10.93	09.72+	25.31
10.77	08.8~	25.31
	07.27	25.31
	06.77/23	25.31
	06.31	25.31
	05.25+	25.31
16	04.84	25.31
	03.77	25.31
- 02.9		22.92
01.67		22.92
00.51		22.92
00.45		22.92
00.26		22.92
	58.06	52.58
86.28	97.40	50.99
95.31	95.97	50.82
95.22	55.99	50.51
93.71	99.12	49.87+
82.40		49.87+
	90.38+	45.18
~ 89.1	89.85	43.25+
	86.18+	43.25+
	85.38	41.05+
	83.95+	40.44+
	81.78+	39.26+
~ 79.65		38.34
78.47	77.75	38.23+
75.87		38.23+
75.62	39	38

Таблица II.

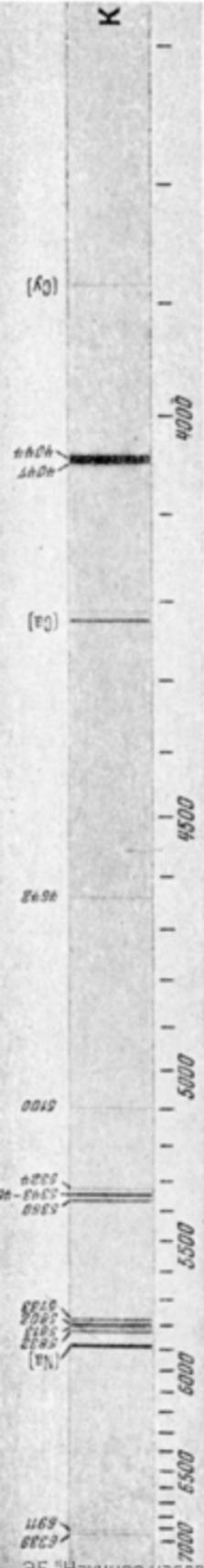
Спектры некоторых металлов



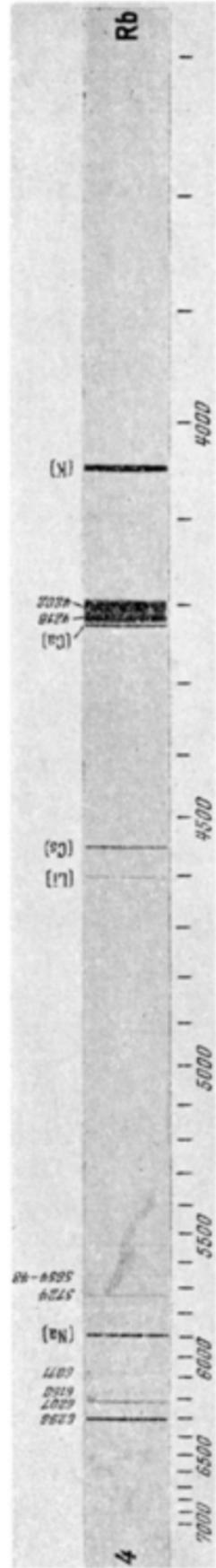
1. Литий (хлорид).



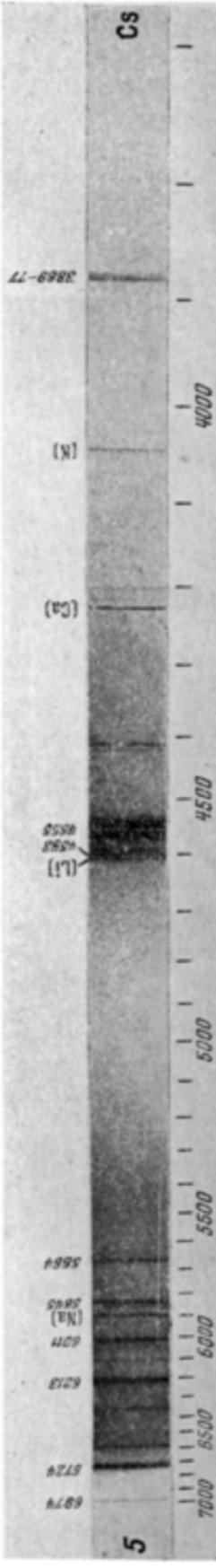
2. Натрий.



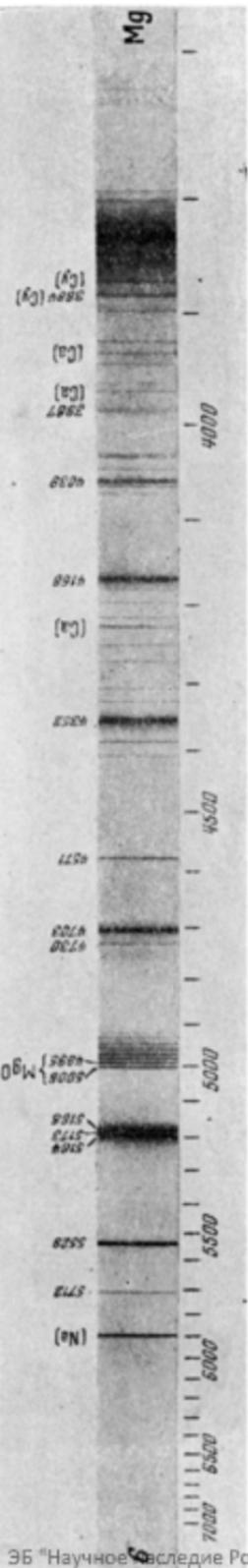
3. Kānūti.



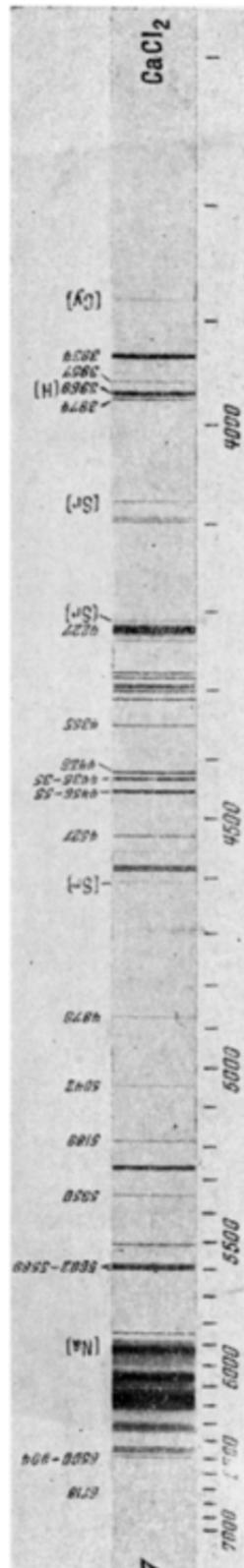
4. Рубанок (хлорид).



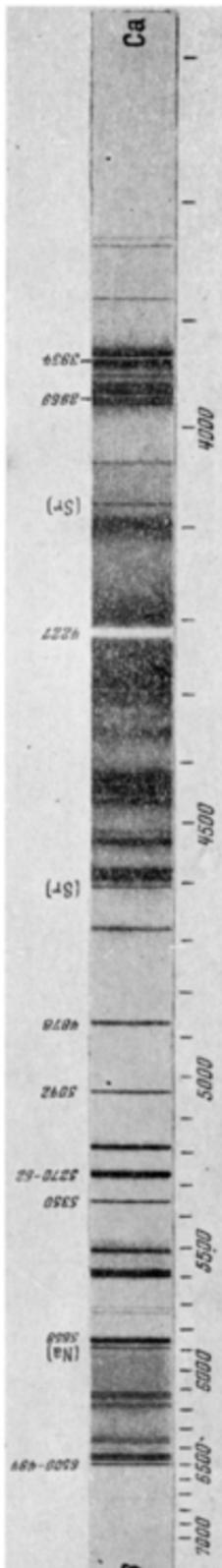
5. Несущие (хлориды).



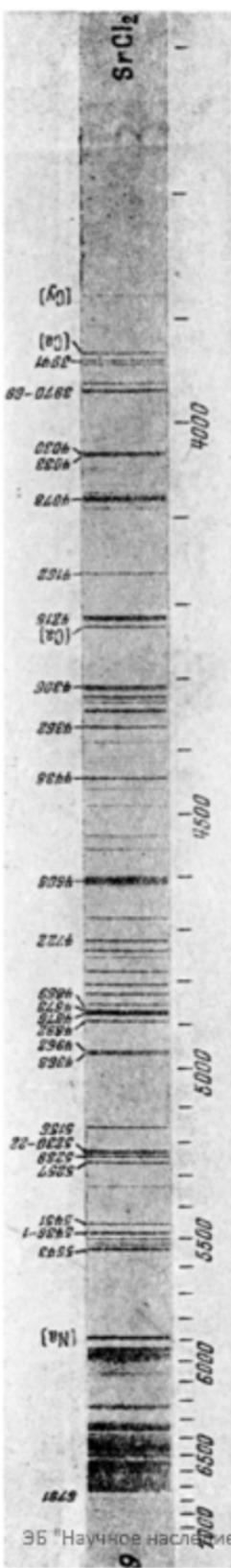
G. Martini.



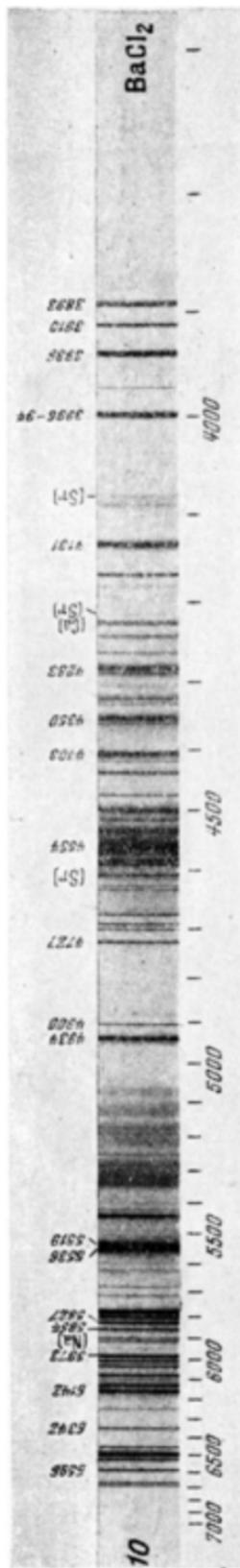
7. Клімат (хлорид).



8. Канцелярия

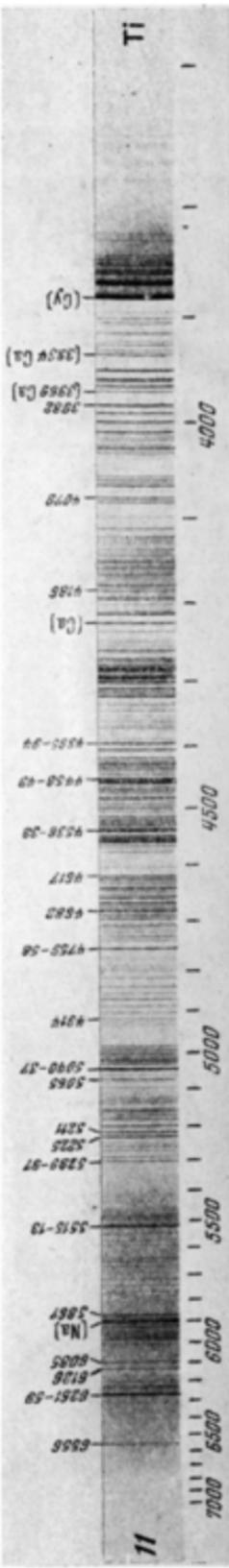


9. Стронций (хлорид).



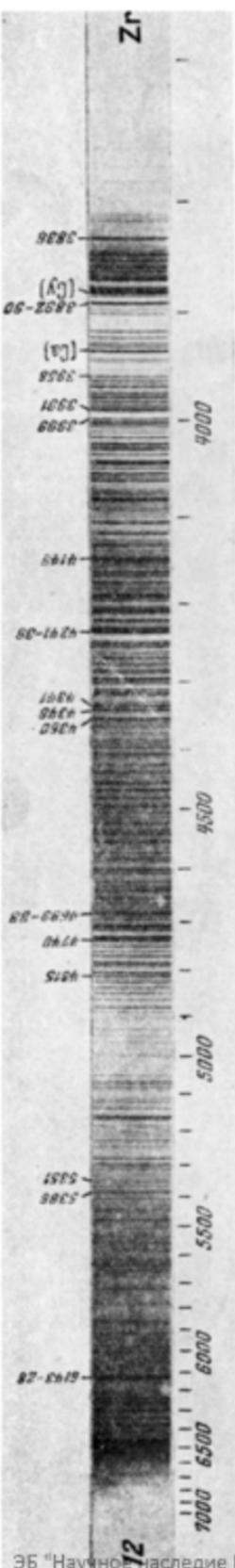
10.

10. Барий (хлорид).

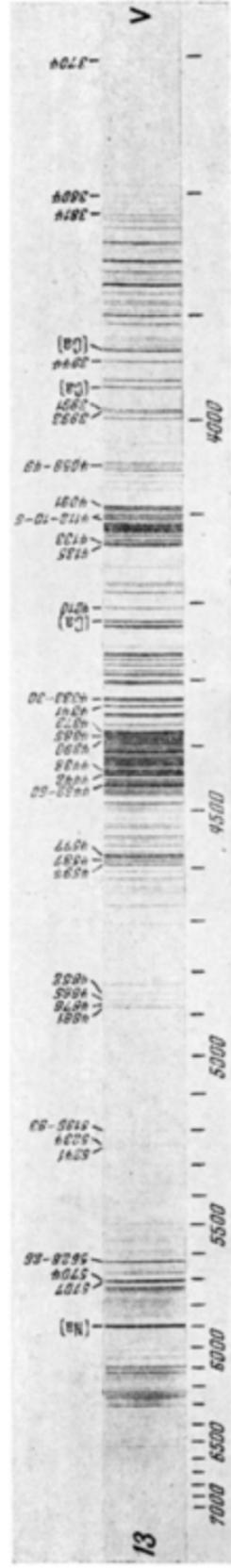


11.

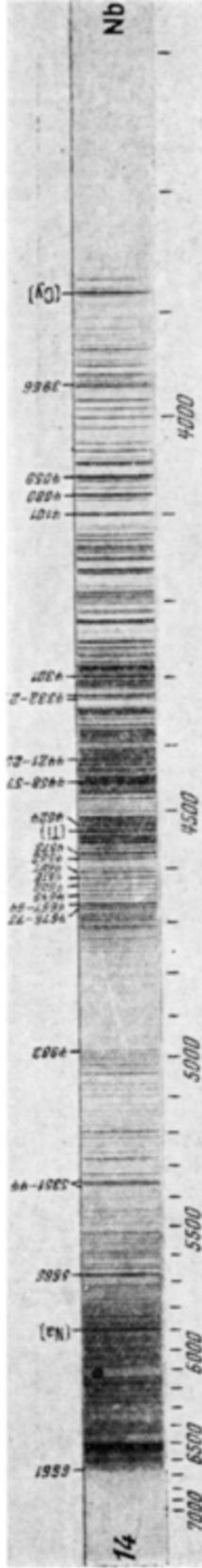
11. Титан (оксид).



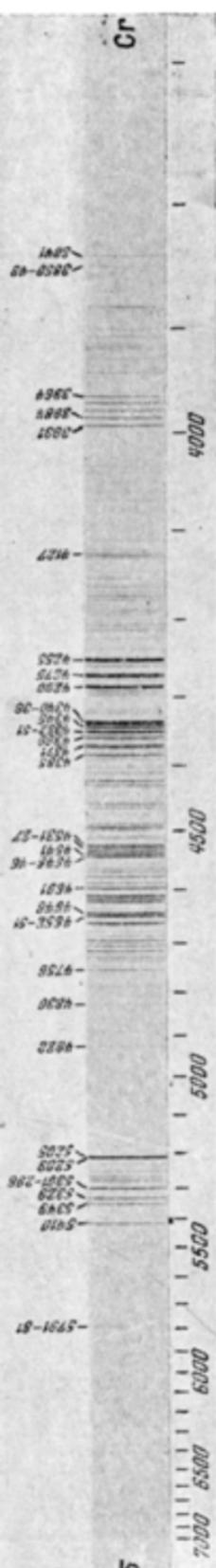
12. Цирконий (штират).



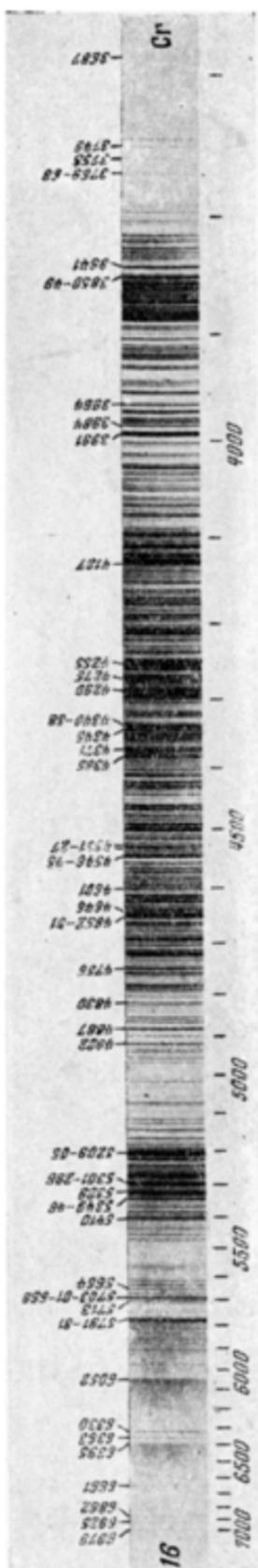
13. Ванадий (исследование).



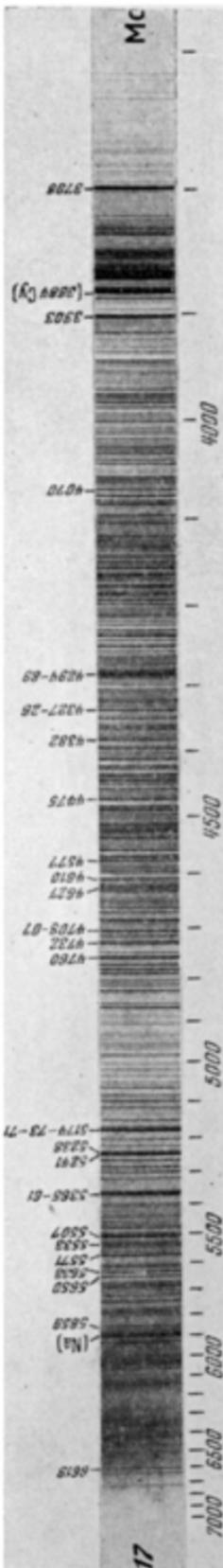
14. Нюбий (кислота).



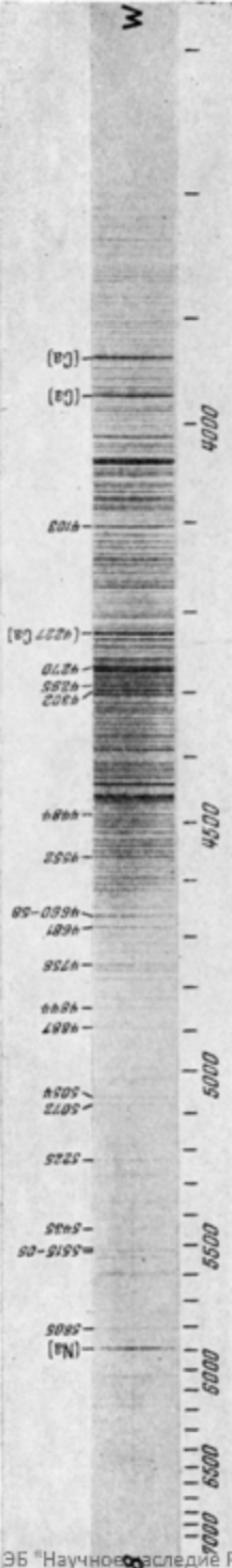
15. Хром (слабый спектр).



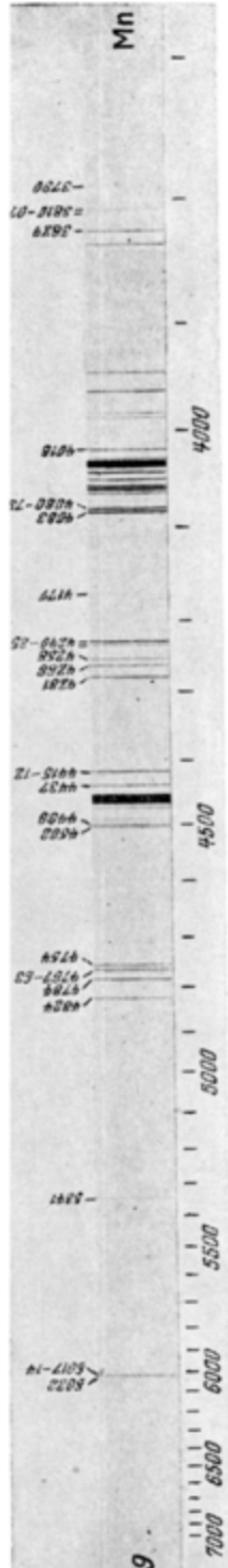
16. Хром (ярисій спектр).



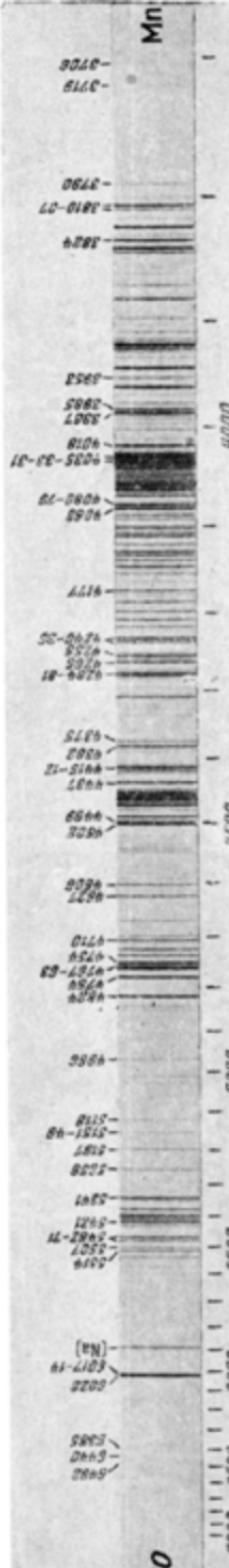
17



18. Водоупоры (Киевуга).

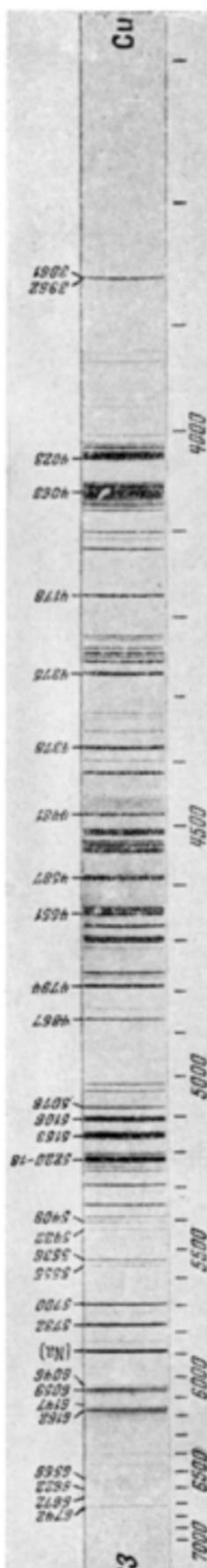


19. Маргакел (хлопод; сластилі спектр).



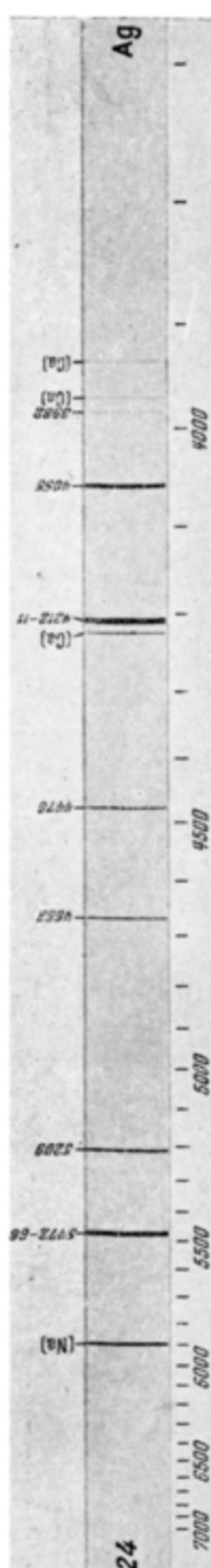
20

23



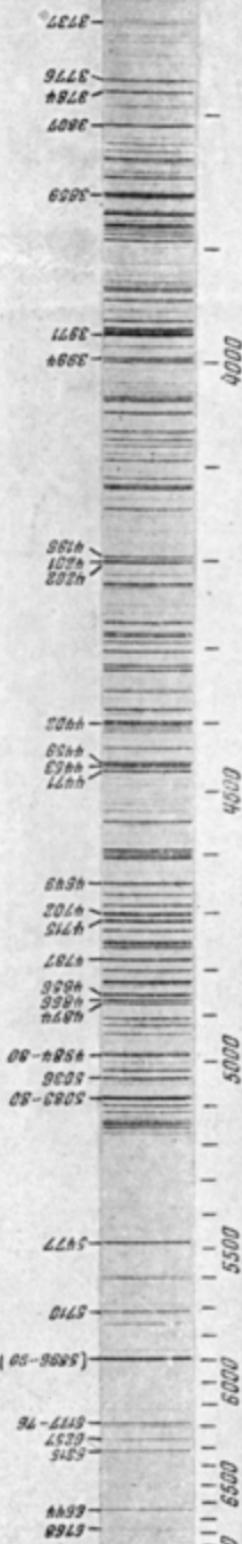
21. Никелл.

24



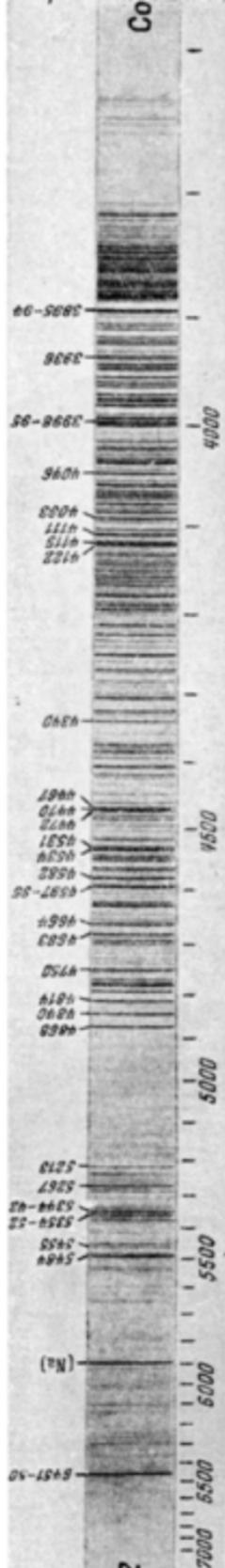
22. Колальт.

Ni

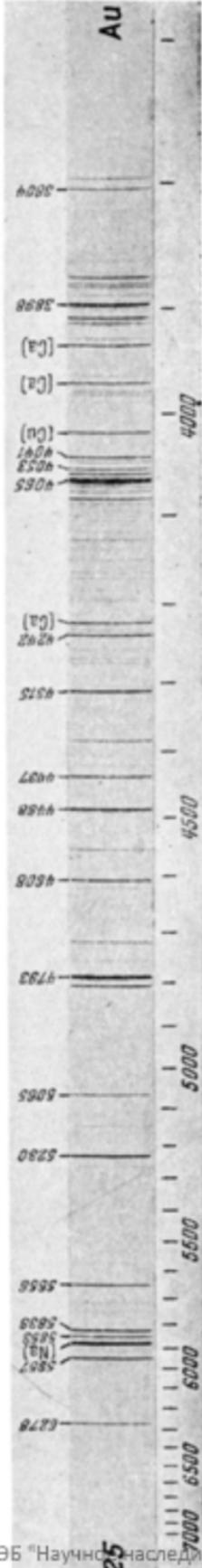


23. Мель.

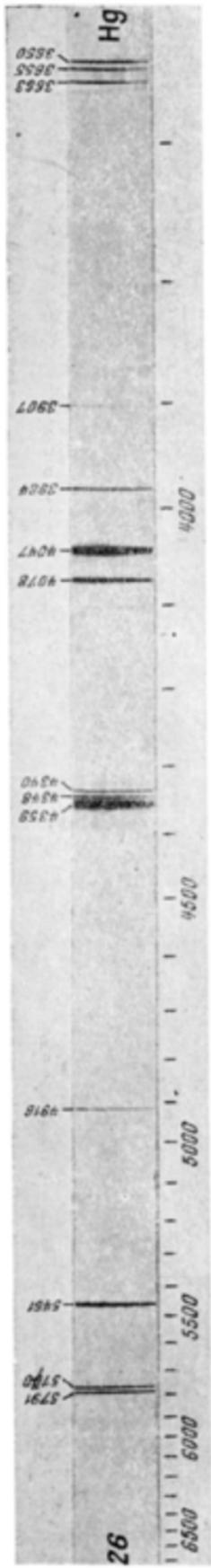
Co



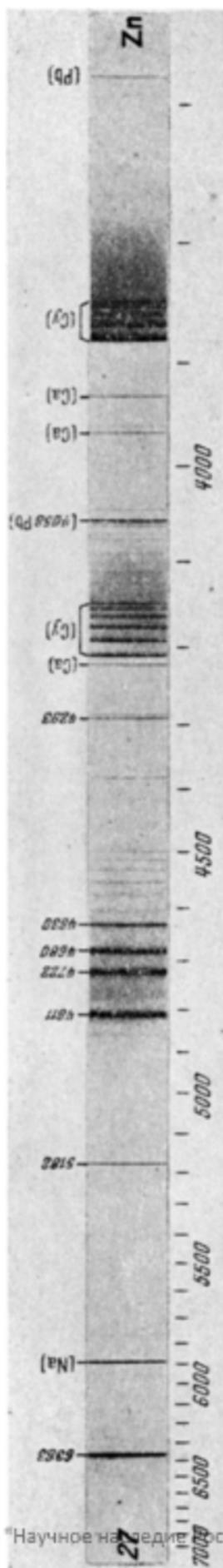
24. Серебро.



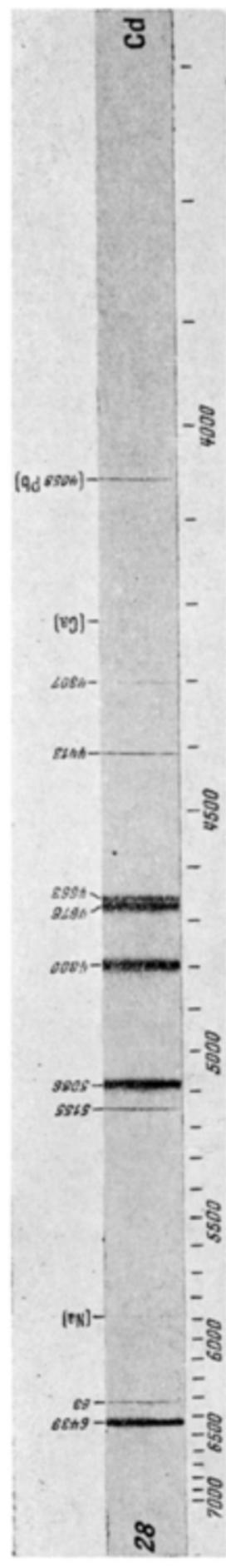
25. Золото



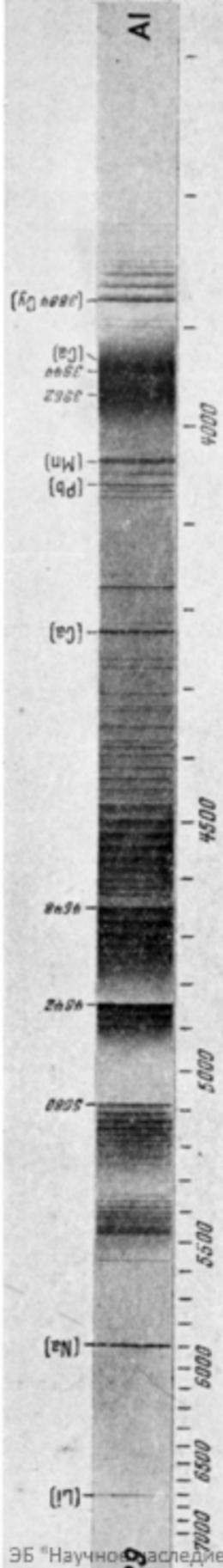
26. Ртуть



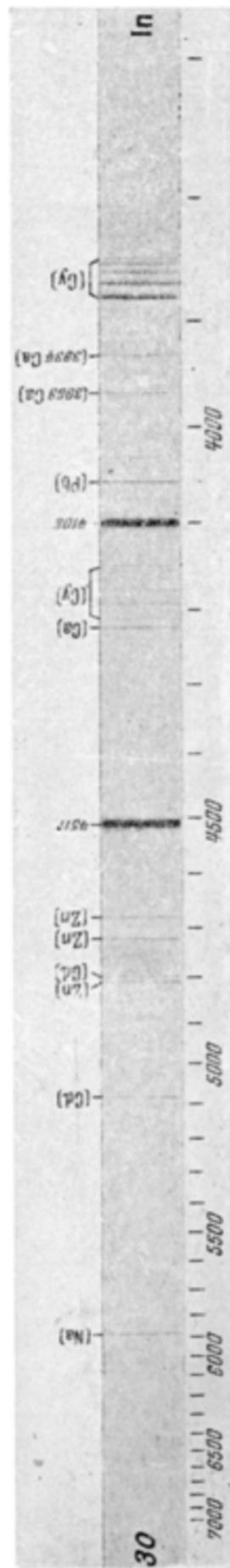
27. Цинк.

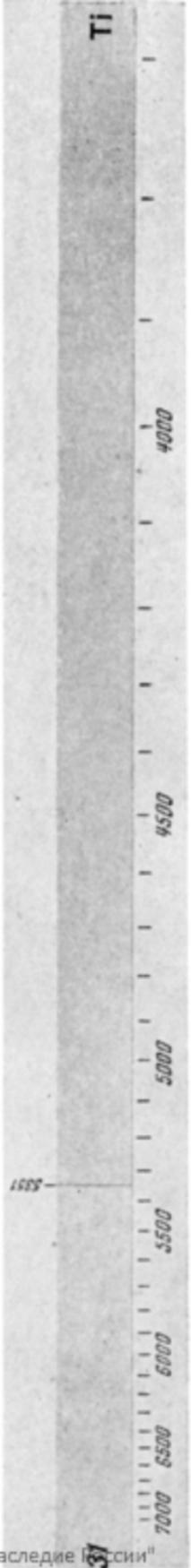


28. Кадмий.

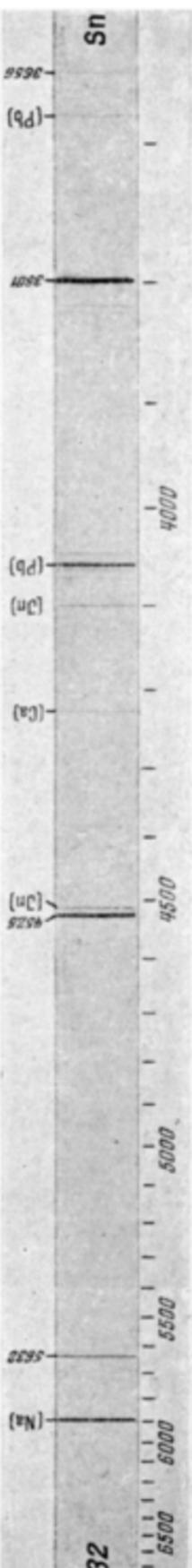


29. Алюминий.





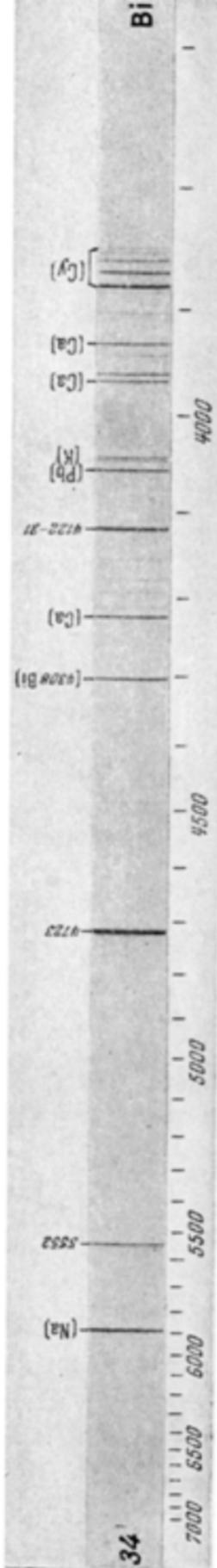
31. Таллий.



32. Олово.



33. Свинец.



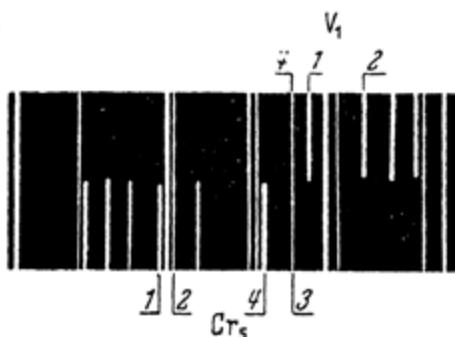
34. Бисмут.

Таблица XII

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ДЛЯ АНАЛИЗА СТАЛЕЙ

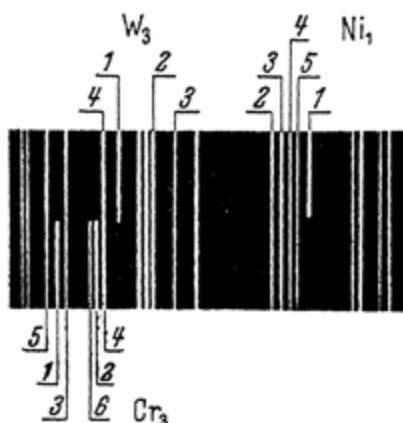
а) Железный постоянный электрод

%	Cr ₅
2,5—8	1<2; 4<3
8—13	1<2; 4=3
13—20	1=2, 4>3



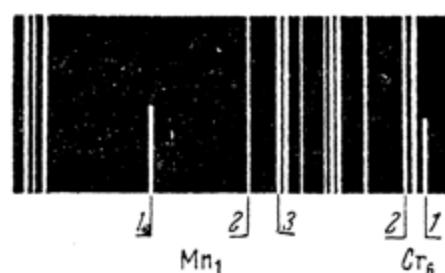
%	V_1
0,2	1=4
0,4	2=4

%	W ₃
до 0,4	1 едва видна
1,0	1<2
2—3	1=2
4—7	1<4



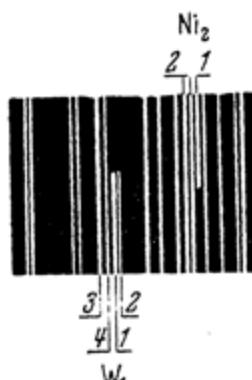
%	Ni_1
0,5	1=2
1,5	1<5; 1>4
3,0	1>5; 1<3

%	Cr ₃
0,3—0,7	2<5; 1<3
0,7—1,1	1=3; 2<4
1,0—1,6	1>3; 2<4
1,5—2,2	1>4; 2>4



%	Cr_6
13—20	1<2
20 и больше	1>2

%	Mn_1
0,3—0,5	1<2
0,6—0,7	1=2
1,0 и выше	1>2
около 4	1=3



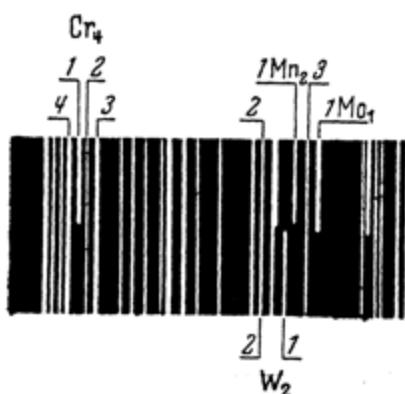
%	Ni_2
1,5	1 появляется при редких вспышках
3,0	1<2 при частых вспышках
10	1=2 при очень частых вспышках
15—20	1>2 без вспышек

Таблица XII (продолжение)



λ Cr₁

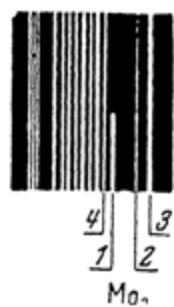
%	Cr ₁
0,1	2 = 3
0,2	1 = 3



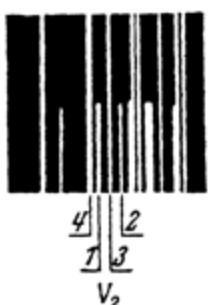
%	Mn ₃
7	1 > 3
14	1 = 2

%	Mo ₁
менее 0,01	1 — нет
до 0,15	1 < 2
0,15—0,30	1 > 2

%	W ₃
7—9	1 = 2
15—20	1 > 2



%	Mo ₂
до 0,15	1 = 4
0,15—0,30	1 > 4; 1 < 2
0,30—1,0	1 > 2; 1 < 3
2,0% и больше	1 > 3



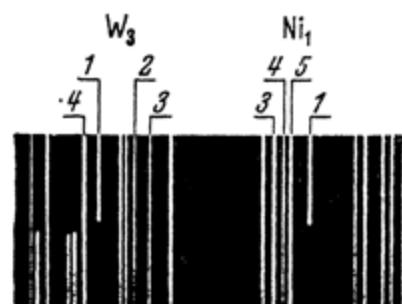
%	V ₂
1,0—1,5	2 < 3; 1 = 4
2,0—2,5	2 = 3; 1 > 4

Таблица XII (продолжение)

б) Медный постоянный электрод



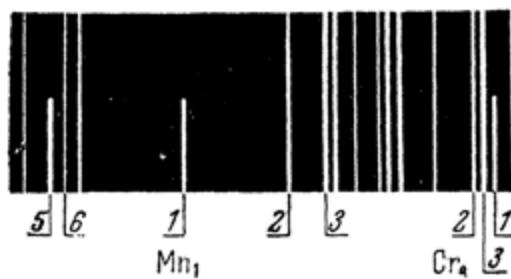
%	V ₁
0,15	1 = 4
0,30	2 = 4
0,50	3 = 4



%	Ni ₁
0,2	1 < 4
0,5	1 < 4
1,5	1 = 5
3,0	1 < 3; 1 > 5

%	W ₂
1,0	1 = 3
2,5	1 > 3; 1 < 4
5,0	1 < 4

%	Mn ₁
до 0,15	1 < 2; 5 < 6
0,2—0,5	1 < 2; 5 > 6
0,5—0,7	1 = 2
1,0 и выше	1 > 2; 1 < 4
около 3,0	1 = 4



%	Cr ₆
10	1 < 2
15	1 = 2
20	1 > 2; 1 < 3
30	1 = 3

%	W ₁
1,0	1 < 4
2,5	1 = 4
5,0	1 = 3
9,0	1 > 3; 2 < 4
18,0	1 > 3; 2 > 4



%	Ni ₂
1,5	1 появляется при редких вспышках
3,0	1 < 2 при частых вспышках
10	1 = 2 при очень частых вспышках
15—20	1 > 2 без вспышек

Таблица XII (продолжение)

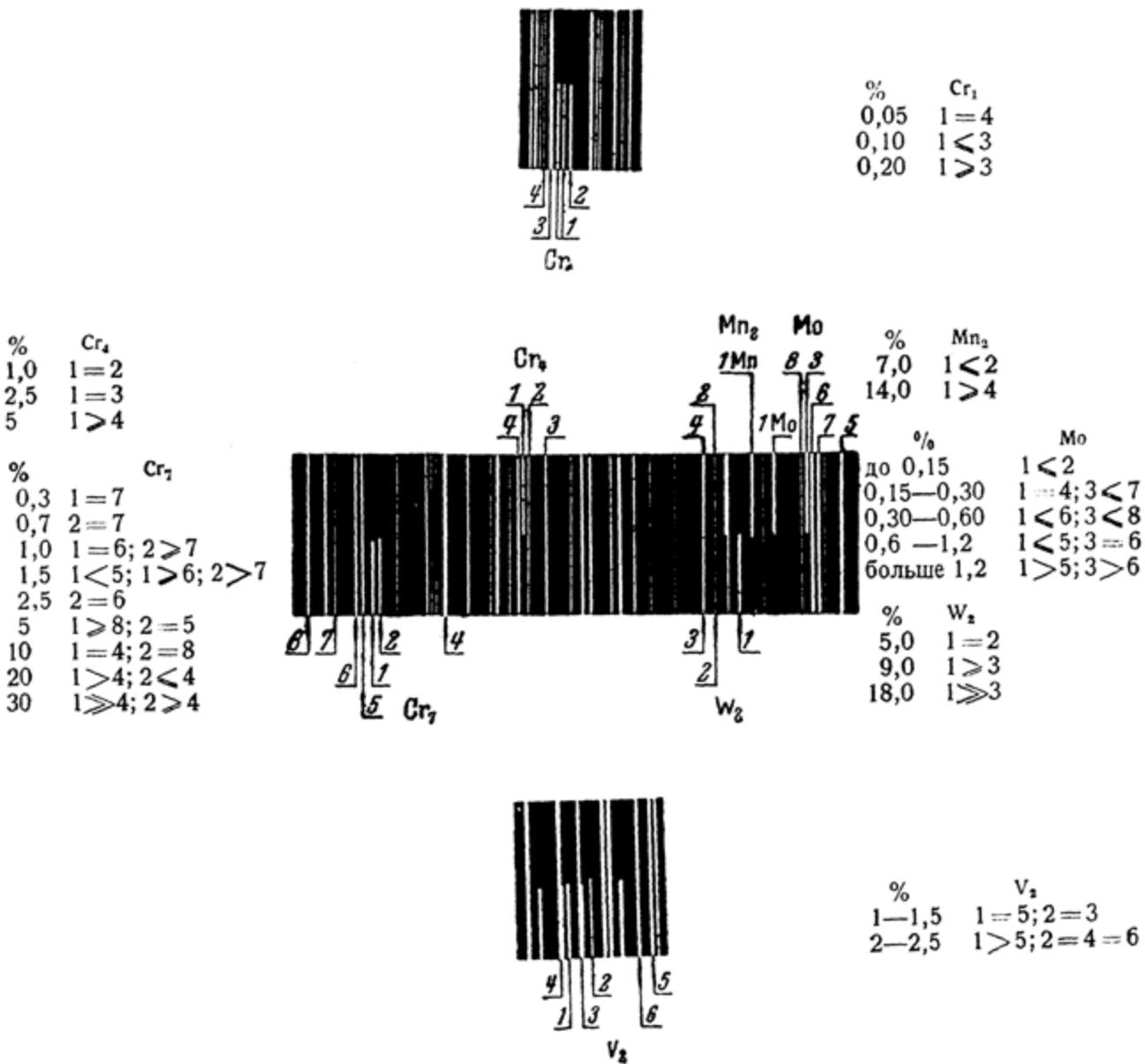
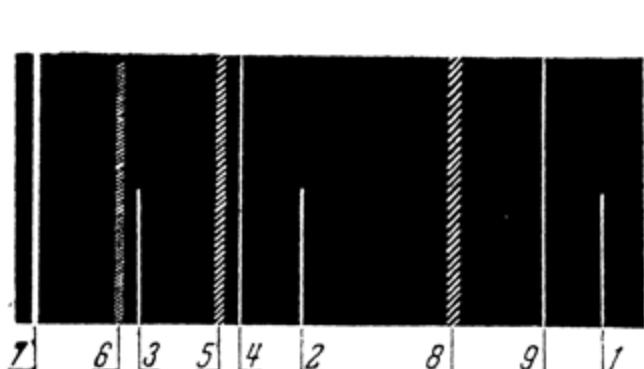
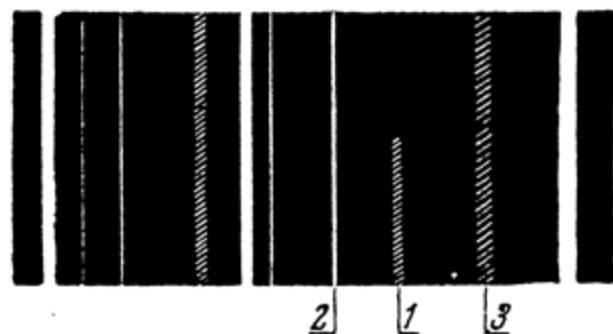


Таблица XIII

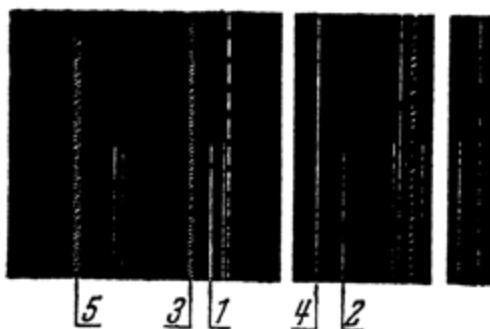
СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ДЛЯ АНАЛИЗА СПЛАВОВ НА МЕДНОЙ ОСНОВЕ



%	Zn ₂
0,005	1 видна очень слабо
	2 едва видна
	3 не видна
0,1	2 < 5
0,5	2 < 4; 2 = 5
1,0	2 < 4; 2 = 6
1,5	2 > 4; 3 = 6
5	3 = 4; 3 > 6
10	3 > 4; 2 > 7
12	3 = 7; 2 > 7
15	2 > 7; 3 > 7
20	3 > 7
более 30	3 > 7

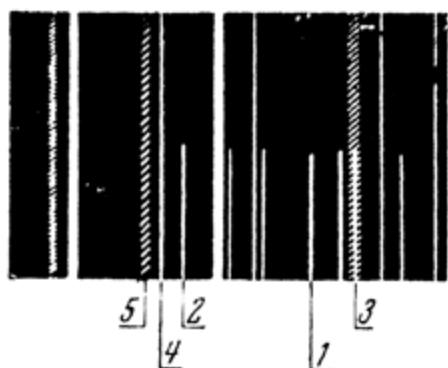


%	Zn ₃
15	1 <= 2; 1 <= 3
30—40	1 > 2; 1 <= 3

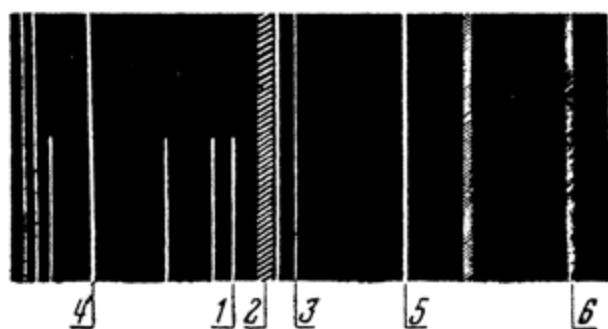


%	Ni
0,5	1 <= 3
1	1 < 3; 2 < 4
2	1 = 5
2,5	1 < 3; 2 < 4
3	1 = 3
4	1 > 3; 2 < 4
5	2 = 4
6	1 > 3; 2 > 4

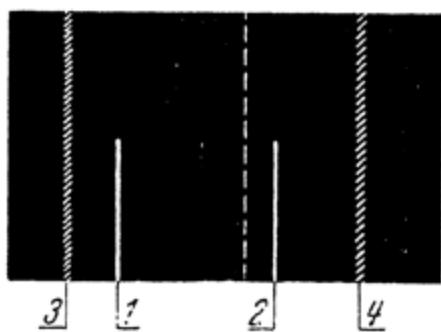
Таблица ХІІІ (продовження)



%	Mn ₁
0,2	1 < 5; 3 = 6
0,5	1 = 5; 1 > 4
1	1 = 4
2	1 = 4; 2 > 5
4	2 = 4
6	2 > 4
10	2 > 4



%	Mn ₂
0,2	1 < 3
0,5	1 = 3
1	1 = 2; 1 > 3
2	1 = 4
4	1 = 6
6	1 > 6; 1 > 5
10	1 > 5



%	Fe ₁	Fe ₂
0,1	1 < 4	Едва видна
0,2	1 = 4	1 < 2
0,5	1 < 3	1 < 2
0,8	1 = 3	1 < 2
1	1 > 3; 2 < 3	1 < 2
2	1 > 3; 2 = 4	1 < 2
4	2 > 3	1 = 2
6	2 > 3	1 > 2

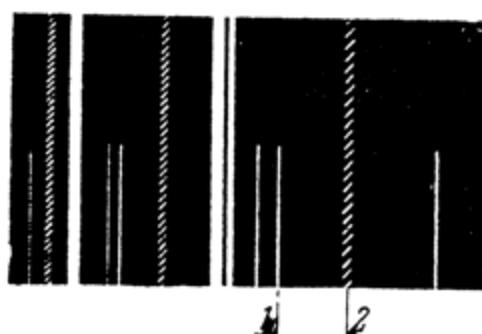
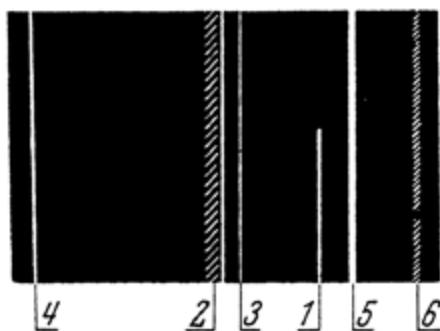
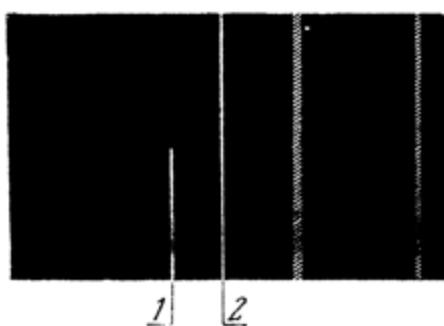


Таблица XIII (продолжение)



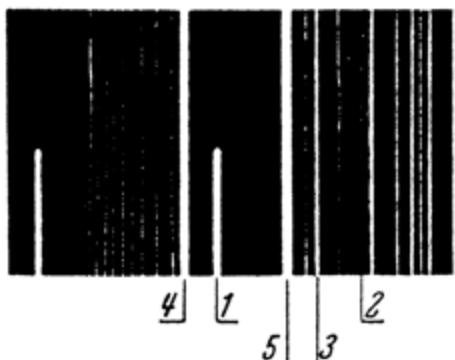
$\%_0$	Pb_1	Pb_2
0,05	1 едва видна	1 не видна
0,2	1<<2	1 > >
0,5	1<2	1 едва видна
1	1=2	1<<2
2	1>2	1<2
4	1>2	1<2
6	1>2	1=2
8	1>>2	1>2
30	1>>2	1<<2



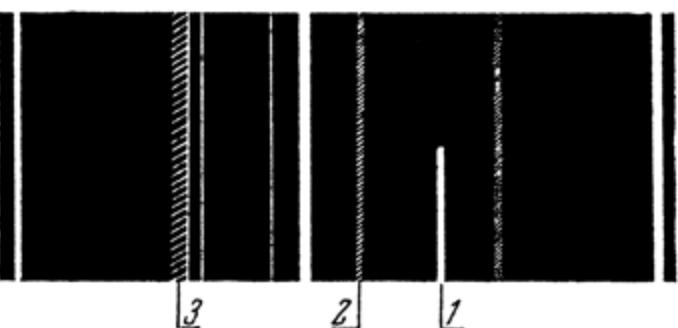
$\%_0$	Sn_1	Sn_2
0,1	1=3	
0,2	1>3	
0,6	1=2; 1<6	
1	1>2; 1<6	1<<2
1,5	1=6; 1>2	1=2
2	1>6; 1=4	1>2
3		1>2; 1=3
6	1=5; 1>4	1>3
8	1>5	1>3; 1<4
10	1>5	1=4
15		1>4; 1<5
20		1>4; 1<5



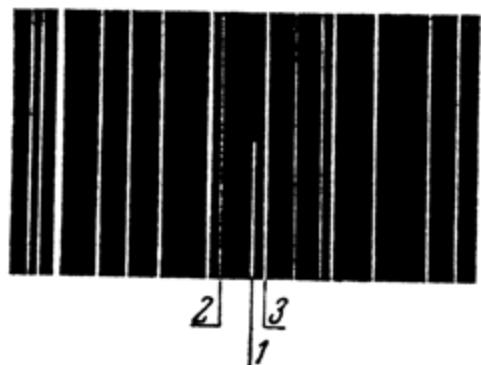
Таблица XIII (продолжение)



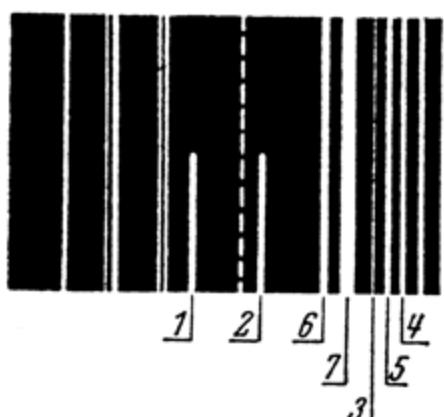
%	Al_2
0,1	$1 \leq 2$
0,2	$1 = 2$
0,4	$1 = 3$
0,8	$1 > 3; 1 \leq 4$
1,5	$1 \leq 4$
4	$1 = 4; 1 \leq 5$
8	$1 > 4; 1 \leq 5$
10	$1 > 4; 1 = 5$



%	Be
2	$1 \leq 2$



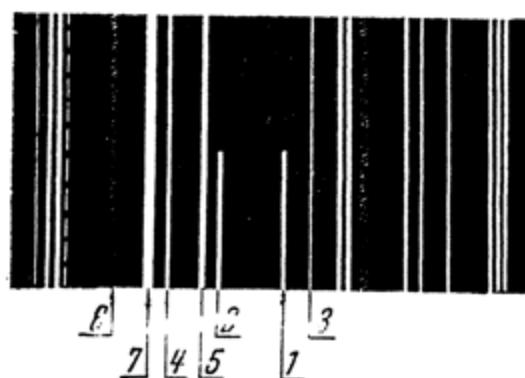
%	Si_1
0,7	$1 \leq 2$
2	$1 = 2$
3	$1 > 2$



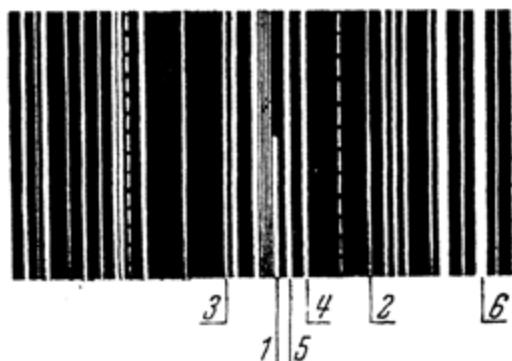
%	Si_2
1	$1 \leq 3$
2	$1 > 3; 1 \leq 4$
4	$1 = 6$
5	$1 = 7$

Таблица XIV

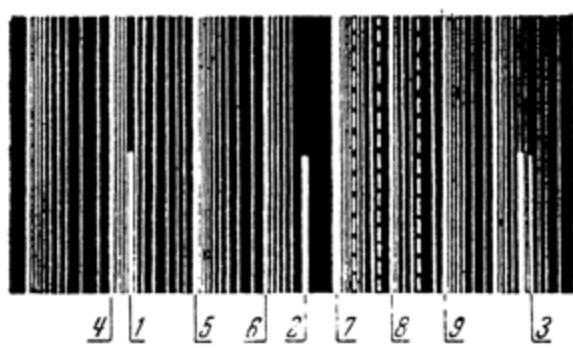
СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ДЛЯ АНАЛИЗА СПЛАВОВ НА АЛЮМИНИЕВОЙ ОСНОВЕ



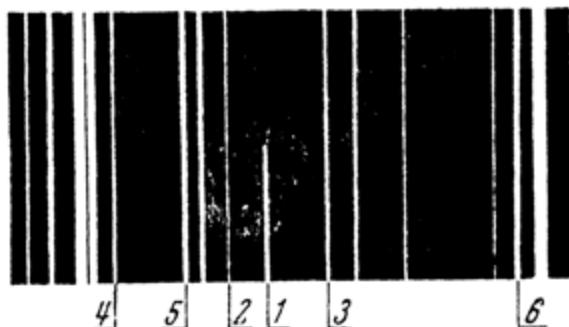
%	Mg
0,01	$1 < 4$; $1 > 3$; линия 2 не видна
0,05	$1 = 4$; линия 2 видна при редких вспышках
0,08	$1 = 6$; линия 2 видна при частых вспышках, $2 < 4$
0,1	$1 = 5$; $2 = 4$
0,2	$2 = 5$
0,5	$2 > 5$; $1 < 7$
1,0	$1 = 7$
2,0	$2 = 7$



%	Cu ₁
0,05	$1 \geq 2$
0,1	$1 = 3$
0,2	$1 = 4$
0,5	$1 = 5$
1,0	$1 > 5$
4	$1 = 6$



%	Cu ₂
0,05	$1 < 9$; линия 2 не видна на фоне молекулярного спектра
0,1	$1 = 8$; линия 2 заметно выделяется на фоне молекулярного спектра
0,2	$1 \geq 6$; $2 \leq 8$
0,5	$1 \geq 4$; $2 = 7$
1,0	$2 \leq 4$; $3 = 9$
1,5	$2 > 4$; $3 = 7$
2,5	$3 = 6$
3,5	$3 = 4$
5	$3 > 4$



%	Cu ₃
1	$1 = 2$
2	$1 > 2$; $1 < 3$
4	$1 \leq 3$; $1 \leq 4$
6	$1 = 4$
10	$1 > 4$; $1 = 3$

свыше 15 $1 > 3$