

# Анализ металлов и сплавов с помощью анализатора ProSpector 3

## Вступление

ProSpector 3 осуществляет быстрый и точный анализ сплавов на производстве, в процессе использования и при сортировке металлического лома. Состав и марка сплава определяют его долговечность, температурную и коррозионную устойчивость. Знание марки сплава позволяет инженерам, поставщикам и рабочим быть уверенными в свойствах материала.

Рентгенофлуоресцентный ручной анализатор - это идеальный инструмент для анализа сплавов благодаря высокой точности измерения в широком диапазоне изменения концентраций (от уровня ч/млн до 100%), быстрого получения результата (несколько секунд) и неразрушающего анализа.

Также, ProSpector 3 использует алгоритм фундаментальных параметров для различных типов сплавов, который не требует дополнительной калибровки.

## Применение

ProSpector 3 позволяет быстро и точно анализировать как чистые металлы, так и различные типы сплавов, включая следующие:

- Магниевоы сплавы;
- Алюминиевые сплавы;
- Титановые сплавы;
- Нержавеющие стали;
- Низколегированные стали;
- Инструментальные стали;
- Кобальтовые сплавы;
- Никелевые сплавы;
- Медные сплавы, латунь и бронза;
- Цинковые сплавы;
- Припои;
- Драгоценные металлы.

Пользовательский интерфейс программного обеспечения анализатора имеет несколько режимов отображения результата:

- Состав. Отображение измеренных концентраций металлов.
- Марка сплава. Прибор ищет анализируемый сплав во встроенной библиотеке марок сплавов и отображает наиболее подходящую марку.

На рисунке 1 показан скриншот экрана в режиме «Марка сплава».

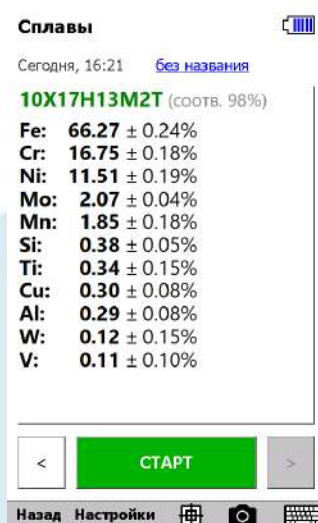


Рисунок 1. Измерение в режиме определения марки сплава.

- Сравнение со сплавом. На экране отображаются измеренные и сертифицированные концентрации для выбранной марки сплава. Пример на рисунке 2.



Рисунок 2. Измерение в режиме сравнения с известной маркой сплава.

- Сортировка (Да/Нет). Если измеренный сплав соответствует марке, которую необходимо получить, то прибор сигнализирует сообщением «Да». В противном случае выводится сообщение «Нет». Пример на рисунке 3.

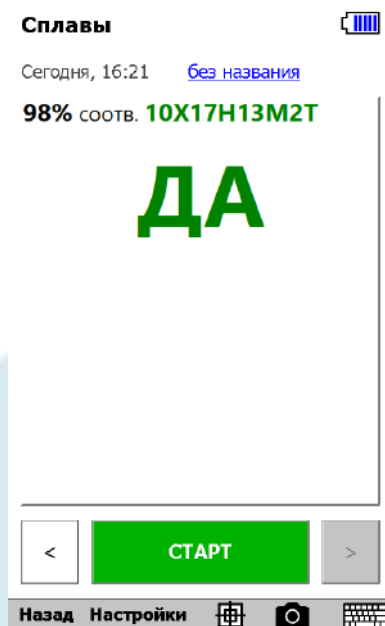


Рисунок 3. Измерение в режиме сортировки сплавов.

## Оборудование

Анализатор ProSpector 3 выпускается в трех модификациях: ProSpector 3, ProSpector 3 Advanced и ProSpector 3 Max.

Стандартный прибор оснащен 40 кВ рентгеновской трубкой с вольфрамовым анодом и SDD детектором. В данной комплектации анализатор может определять в сплавах все элементы от хлора до урана.

Для анализа сплавов, содержащих легкие элементы (магний, алюминий, кремний, фосфор, сера), необходим анализатор ProSpector 3 Advanced или ProSpector 3 Max. Эти анализаторы оснащены 40 кВ или 50 кВ рентгеновской трубкой с родиевым анодом, восемью фильтрами первичного пучка и Fast SDD детектором, который позволяет получить лучшую точность, скорость измерений и пределы обнаружения.

Ручной анализатор ProSpector 3 имеет интуитивный пользовательский интерфейс и может быть использован любым человеком с минимальной подготовкой. Благодаря небольшому весу (всего 1 кг) и длительному времени работы от батареи (до 16 часов) данный прибор является лучшим выбором для быстрого анализа металлов и сплавов в различных отраслях промышленности.

Ручной анализатор ProSpector 3 имеет интуитивный пользовательский интерфейс и может быть использован любым человеком с минимальной подготовкой. Благодаря небольшому весу (всего 1 кг) и длительному времени работы от батареи (до 16 часов) данный прибор является лучшим выбором для быстрого анализа металлов и сплавов в различных отраслях промышленности.

## Методика

В большинстве случаев анализ сплавов при помощи рентгенофлуоресцентного анализатора не требует пробоподготовки. Однако, если поверхность образца загрязнена, окислена или неоднородна – то необходимо обработать ее на токарном станке или зачистить напильником.

Расчет концентраций производится методом фундаментальных параметров, с различными настройками для каждого типа сплавов (стали, медные сплавы, алюминиевые и т.д.). Программное обеспечение автоматически определяет, к какому классу относится измеряемый сплав.

Время измерения на анализаторе ProSpector 3 с родиевым анодом составляет 5 секунд.

В данном отчете были проанализированы 8 стандартных образцов различных сплавов (магниевого, алюминиевого, титанового, никелевого, нержавеющей и низколегированной стали, латуни и бронзы) на спектрометре ProSpector 3.

## Результаты

В таблицах 1-8 показаны аттестованные и измеренные значения для образцов каждого типа сплавов.

Элемент	Концентрация, %		
	Аттестованная	Измеренная	Погрешность
<b>Mg</b>	91.05	90.9	0.3
<b>Al</b>	8.39	8.4	0.3
<b>Si</b>	0.05	0.14	0.03
<b>Mn</b>	0.19	0.2	0.01
<b>Fe</b>	0.02	0.02	0.0
<b>Cu</b>	0.07	0.07	0.0
<b>Zn</b>	0.23	0.22	0.01

Таблица 1. Магнийевый сплав типа МА8ц.

Элемент	Концентрация, %		
	Аттестованная	Измеренная	Погрешность
<b>Mg</b>	0.23	0.2	0.6
<b>Al</b>	96.61	96.99	0.08
<b>Si</b>	0.87	0.65	0.07
<b>Ti</b>	0.14	0.11	0.02
<b>Cr</b>	0.091	0.08	0.01
<b>Mn</b>	1.24	1.24	0.02
<b>Fe</b>	0.61	0.56	0.01
<b>Ni</b>	0.027	0.02	0.0
<b>Cu</b>	0.13	0.12	0.01
<b>Zn</b>	0.053	0.04	0.0

Таблица 2. Алюминиевый сплав АМц.

Элемент	Концентрация, %		
	Аттестованная	Измеренная	Погрешность
<b>Al</b>	4.14	3.9	0.4
<b>Ti</b>	91.81	92	0.3
<b>Fe</b>	0.37	0.32	0.02
<b>Zr</b>	0.17	0.17	0.01
<b>Sn</b>	3.48	3.5	0.06

Таблица 3. Титановый сплав типа ВТ 5-1.

Элемент	Концентрация, %		
	Аттестованная	Измеренная	Погрешность
<b>Ti</b>	0.32	0.29	0.07
<b>Cr</b>	16.65	16.74	0.07
<b>Mn</b>	1.91	1.92	0.07
<b>Fe</b>	66.43	66.78	0.09
<b>Ni</b>	11.51	11.65	0.07
<b>Cu</b>	0.31	0.31	0.03
<b>Mo</b>	2.09	2.11	0.01

Таблица 4. Нержавеющая сталь типа 08X17H13M2 (AISI 316).

Элемент	Концентрация, %		
	Аттестованная	Измеренная	Погрешность
<b>Si</b>	2.24	2.24	0.08
<b>Ti</b>	0.126	0.12	0.21
<b>Cr</b>	0.139	0.14	0.05
<b>Mn</b>	1.29	1.52	0.08
<b>Fe</b>	95.01	95	0.11
<b>Ni</b>	0.71	0.56	0.07
<b>Cu</b>	0.099	0.09	0.03
<b>Mo</b>	0.117	0.12	0.01
<b>W</b>	0.061	0.08	0.04

Таблица 5. Низколегированная сталь типа 60С2Г.

Элемент	Концентрация, %		
	Аттестованная	Измеренная	Погрешность
<b>Al</b>	1.54	1.9	0.4
<b>Si</b>	0.403	0.49	0.09
<b>Ti</b>	3.904	3.88	0.13
<b>Cr</b>	19.76	19.59	0.17
<b>Mn</b>	0.65	0.72	0.18
<b>Fe</b>	1.197	1.17	0.06
<b>Co</b>	13.77	14.04	0.14
<b>Ni</b>	53.51	53.48	0.22
<b>Cu</b>	0.47	0.43	0.11
<b>Zr</b>	0.146	0.12	0.01
<b>Mo</b>	3.98	3.97	0.04
<b>Nb</b>	0.149	0.16	0.01

Таблица 6. Никелевый сплав типа Wasp.

Элемент	Концентрация, %		
	Аттестованная	Измеренная	Погрешность
<b>Al</b>	10.2	10.3	0.4
<b>Si</b>	0.11	0.09	0.06
<b>Mn</b>	0.42	0.44	0.06
<b>Fe</b>	3.05	2.97	0.08
<b>Ni</b>	0.45	0.32	0.04
<b>Cu</b>	85.2	85.3	0.3
<b>Zn</b>	0.41	0.33	0.09
<b>Sn</b>	0.105	0.18	0.09

Таблица 7. Бронза типа БрАЖ9-4.

Элемент	Концентрация, %		
	Аттестованная	Измеренная	Погрешность
<b>Al</b>	0.387	0.62	0.24
<b>Si</b>	0.203	0.32	0.05
<b>Fe</b>	0.081	0.09	0.06
<b>Ni</b>	0.239	0.21	0.04
<b>Cu</b>	60.81	60.69	0.16
<b>Zn</b>	37.07	37.06	0.17
<b>Pb</b>	1.07	0.99	0.06

Таблица 8. Латунь типа ЛС59-1.

Важной характеристикой РФА анализатора является повторяемость результатов анализа.

Для оценки повторяемости образец нержавеющей стали был измерен 10 раз в течении некоторого времени. Рассчитаны среднее значение, среднеквадратическое отклонение (СКО) и относительное СКО (оСКО - в процентах) для концентраций Fe, Cr, Ni и Mo. Результаты теста даны в таблице 9.



измерение #	Fe, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %
1	66.81	16.76	11.59	2.13
2	66.81	16.78	11.57	2.13
3	66.82	16.77	11.58	2.14
4	66.85	16.77	11.54	2.13
5	66.84	16.77	11.57	2.13
6	66.81	16.76	11.57	2.14
7	66.82	16.77	11.59	2.14
8	66.85	16.72	11.6	2.13
9	66.84	16.75	11.58	2.14
10	66.8	16.76	11.61	2.13
<b>Среднее</b>	<b>66.825</b>	<b>16.761</b>	<b>11.58</b>	<b>2.134</b>
<b>СКО</b>	<b>0.016</b>	<b>0.011</b>	<b>0.014</b>	<b>0.005</b>
<b>% оСКО</b>	<b>0.024</b>	<b>0.066</b>	<b>0.121</b>	<b>0.234</b>

Таблица 9. Тест повторяемости результатов на образце нержавеющей стали.

## Выводы

Полученные результаты показывают отличную корреляцию между аттестованными и измеренными значениями концентраций в различных типах сплавов. Благодаря обширной библиотеке марок, спектрометр может идентифицировать большинство марок отечественных стандартов, США и международных.

ProSpector 3 является идеальным решением для неразрушающего анализа металлов и сплавов благодаря высокой скорости и точности измерений, мобильности и простоте в управлении.