

## Элементный анализ вещества

Быстрый Точный Неразрушающий



Skyray Instrument Inc.

❖ Представительство в России  
111141, г.Москва  
3-й проезд Перова Поля, д. 8А  
тел.: +7 (495) 5060968  
+7 (495) 9917659  
сайт: [www.skyrays.ru](http://www.skyrays.ru)  
email: [info@skyrays.ru](mailto:info@skyrays.ru)

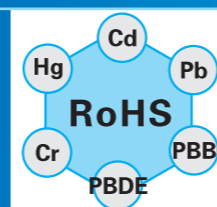
❖ USA Office:  
Add: 1056 Washington Street, Canton, MA 02021  
Tel: +1-617-202-3879  
Fax: +1-617-202-3878  
Website: [www.skyray-instrument.com](http://www.skyray-instrument.com)  
E-mail: [salesusa@skyray-instrument.com](mailto:salesusa@skyray-instrument.com)



Элементный анализ  
строительных  
материалов



Исследования  
сталей и  
металлосодержащих  
материалов



RoHS анализ



Агрегатный  
анализ



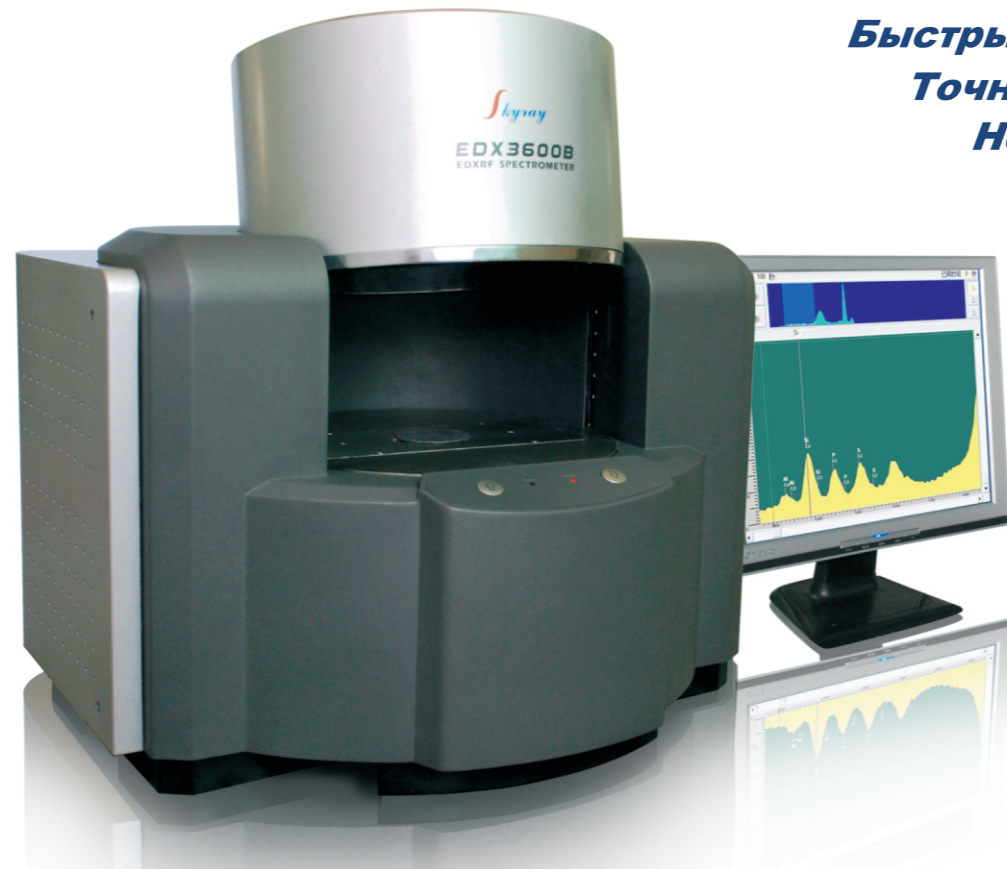
**EDX 3600B** рентгено-флуоресцентный  
спектрометр

*Skyray Instrument Co., Ltd.*

# EDX 3600B

Идеальное решение для исследования цемента, сталей, металлов, агрегатных веществ и RoHS

**Быстрый  
Точный  
Неразрушающий**



Современный источник рентгеновского излучения и модуль высокого напряжения позволяют прибору получать результаты, отвечающие самым высоким требованиям. Широко применяется в различных областях промышленности и в научных учреждениях.

## Инновационность и качество инструментов Skyray

РФА метод используется в рентгенофлуоресцентном спектрометре EDX3600B для быстрого и точного элементного анализа. Технология использует рентген низкой энергии, который дает хорошие результаты возбуждения легких элементов, такие как Si, S, Na и Mg. Кроме того, с уменьшением времени испытания, эффективность исследований была значительно улучшена. У EDX3600B хорошая линейность энергии, разрешение по энергии, свойства получаемого спектра и высокое отношение пик-фон при использовании нового детектора UHRD. Это было достигнуто благодаря наличию модуля автоматической стабилизации спектра. Оригинальный спектр может быть легко преобразован, посредством применения UHRD технологии, которая улучшает взвешенную аналитическую точность определения легких элементов Si, S, Al, и т.д. Благодаря методу линейной регрессии мультипараметров, влияния поглощения и отражающих эффектов между элементами могут быть значительно уменьшены.

Per	IA	ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ																0				
1	1 H 1.008																	2 He 4.008				
2	3 Li 6.94 0.052	4 Be 9.012 0.110															5 B 10.81 0.185	6 C 12.01 0.282	7 N 14.01 0.392	8 O 15.99 0.523	9 F 18.990 677	10 Ne 20.17 0.861
3	11 Na 22.99 1.041	12 Mg 24.31 1.254															13 Al 26.99 1.487	14 Si 28.09 1.740	15 P 30.97 2.015	16 S 32.06 2.307	17 Cl 35.45 2.622	18 Ar 39.94 2.957
4	19 K 39.1 3.312 3.589	20 Ca 40.08 3.690 4.012	21 Sc 44.96 4.088	22 Ti 47.90 4.508	23 V 50.94 4.949	24 Cr 51.99 5.411	25 Mn 54.94 5.895	26 Fe 55.84 6.400	27 Co 58.93 6.925	28 Ni 58.7 7.472	29 Cu 63.54 8.041	30 Zn 65.38 8.631	31 Ga 69.72 9.243	32 Ge 72.5 9.876	33 As 74.92 10.53	34 Se 78.9 11.21	35 Br 79.90 11.91	36 Kr 83.8 12.63				
5	37 Rb 85.47 13.38 14.97 1.694 1.752	38 Sr 87.82 14.14 15.85 1.806 1.872	39 Y 88.91 14.93	40 Zr 91.22 15.75	41 Nb 92.91 16.58	42 Mo 95.94 17.44	43 Tc #(99)	44 Ru 101.0 19.24	45 Rh 102.9 20.17	46 Pd 106.4 21.12	47 Ag 107.9 22.10	48 Cd 112.4 23.11	49 In 114.8 24.14	50 Sn 118.6 25.19	51 Sb 121.7 26.27	52 Te 127.6 27.38	53 I 126.9 28.51	54 Xe 131.3 29.67				
6	55 Cs 137.3 30.85 35.15 4.286 4.620 5.280 3.794	56 Ba 137.3 32.07 36.55 4.467 4.828 5.531 3.953	Ln	72 Hf 178.4 55.38	73 Ta 180.9 57.11	74 W 183.8 58.86	75 Re 186.2 60.66	76 Os 190.2 62.48	77 Ir 192.2 64.35	78 Pt 195.0 66.25	79 Au 197.0 68.19	80 Hg 200.5 70.16	81 Tl 204.3 72.18	82 Pb 207.2 74.23	83 Bi 208.9 76.32	84 Po #(209)	85 At #(210)	86 Rn #(222)				
7	87 Fr # (223) 82.12 97.93 12.03 14.77	88 Ra # 226.0 87.44 100.6 12.34 15.23 17.8 10.60	An	89 Ac # (227) 89.79 103.3 12.65 15.71 18.41	90 Th # (232) 92.19 106.1 12.97 16.2 18.98	91 Pa # (231) 94.64 108.9 13.29 16.7 19.55	92 U # (238) 97.14 111.8 13.61 17.22 20.16	93 Np # (237) 99.69 114.7 13.95 17.74 20.77	94 Pu # (244) 102.3 117.7 14.28 18.28 21.40	95 Am # (243) 104.9 120.8 14.62 18.83 22.04	96 Cm # (247) 107.7 123.9 14.96 19.39 22.69	97 Bk # (247) 110.5 127.1 15.31 20.56 23.37	98 Cf # (251) 113.3 130.4 15.66 21.17 24.06	99 Es # (252) 116.2 133.7 16.02 21.79	100 Fm # (257)							

- Щелочные металлы
- Неметаллы
- Неметаллы
- Галогены
- Лантаноиды
- Актиниды
- Щелочно-земельные
- Инертные газы
- Главные металлы

1 # Радиоактивные элементы

2 Числа у каждого элемента идут в следующем порядке: Порядковый номер элемента, Атомный вес, энергии Ka, Kb, La, Lb

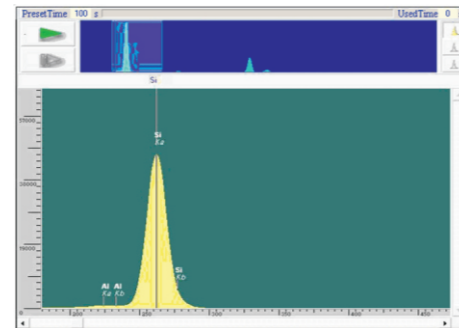
Ln	57 La 138.9 33.30 37.99 4.651	58 Ce 140.1 34.57 39.45 4.840	59 Pr 140.9 35.86 40.95 5.034	60 Nd 144.2 37.19 42.48 5.230	61 Pm #(147) 38.54 44.05 5.431	62 Sm 150.4 39.91 45.65 5.636	63 Eu 152.0 41.32 47.28 5.846	64 Gd 157.2 42.76 48.95 6.059	65 Tb 158.9 44.23 50.65 6.275	66 Dy 162.5 45.73 52.38 6.495	67 Ho 164.9 47.26 54.16 6.720	68 Er 167.2 48.82 55.96 6.948	69 Tm 168.9 50.41 57.81 7.181	70 Yb 173.0 52.04 59.69 7.414	71 Lu 175.0 53.59 61.61 7.654	
An	89 Ac # (227) 89.79 103.3 12.65 15.71 18.41	90 Th # (232) 92.19 106.1 12.97 16.2 18.98	91 Pa # (231) 94.64 108.9 13.29 16.7 19.55	92 U # (238) 97.14 111.8 13.61 17.22 20.16	93 Np # (237) 99.69 114.7 13.95 17.74 20.77	94 Pu # (244) 102.3 117.7 14.28 18.28 21.40	95 Am # (243) 104.9 120.8 14.62 18.83 22.04	96 Cm # (247) 107.7 123.9 14.96 19.39 22.69	97 Bk # (247) 110.5 127.1 15.31 20.56 23.37	98 Cf # (251) 113.3 130.4 15.66 21.17 24.06	99 Es # (252) 116.2 133.7 16.02 21.79	100 Fm # (257)				

# EDX 3600B

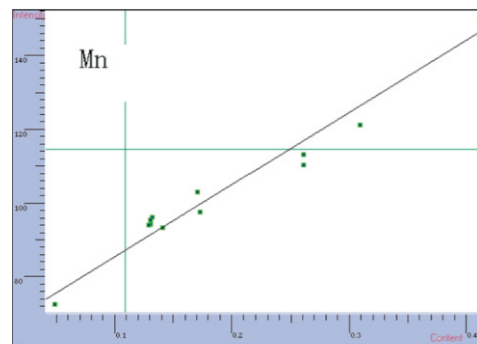
## Ферросилиций

В ферросилиции, как правило, требуется измерить содержание элементов Si, Fe, Ca. В EDX3600B, помимо этих элементов, можно исследовать элементы как Al, Mn, Cr, Ti с высокой точностью.

## Спектр ферросиликона



## Рабочая кривая магния в ферросиликоне и калибровочные данные



Spectrum name	Content	Intensity
BH0225-1	0.411	150.21
BH0225-2	0.308	121.09
BH0301-4	0.17	102.89
YSBC28604	0.131	96.09
YSBC28607	0.13	96.51
2001	0.26	110.34
YSBC28608	0.13	94.36
2002	0.26	113.24
BH1913-1	0.128	93.97
BH0301-6	0.14	93.23
GBW01422A	0.172	97.64
YSB14602	0.048	72.52

## Точность измерений

Элементы	Si	Ca	Fe	Mn
Диапазон	≥50.00	0.10~2.00	20.00 ~ 50.00	≤0.5
Точность	≤0.2	≤0.015	≤0.10	0.01



## Особенности

- Полноэлементный анализ цемента, металлов, агрегатных веществ, толщины напыления и RoHS
- Встроенный SNE улучшает обработку сигнала в 25 раз.
- Коллиматоры и фильтры меняются автоматически для различных образцов.
- Электроохлаждаемый UHRD детектор, не требует охлаждения жидким азотом
- Программное обеспечение полностью контролирует прибор, позволяя управлять процессом анализа

## Параметры прибора

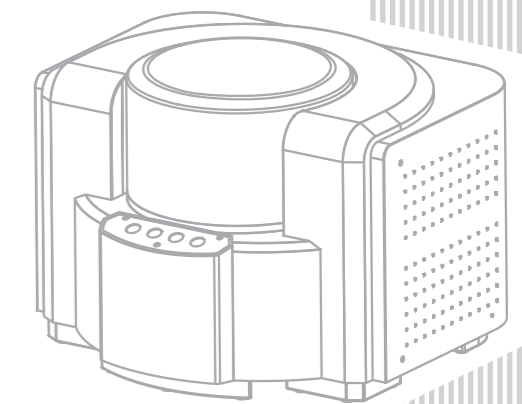
Напряжение питания: 220В  
 Мощность: 200 Вт:  
 Температура окр. среды: 10-40С  
 Относительная влажность: <70%  
 Размер камеры образцов: Ф350х200мм  
 Размер прибора: 700х600х600 мм  
 Вес прибора: 130 кг

## Конфигурация

- Усилитель сигнал/шум (SNE)
- Улучшенная оптическая система
- Электро-охлаждаемый детектор UHRD
- Встроенная цифровая камера
- Автоматизированная смена фильтров
- Точная мобильная платформа
- Повышенная чувствительность к металлам

## Спецификация

Диапазон измеряемых элементов: от Na до U  
 Диапазон концентраций: 1ppm-99.99%  
 Одновременный анализ: 24 элемента  
 Функции: элементный анализ цемента, стали и агрегатов  
 Толщина напылений: более 11 слоев, до 0.005um каждый  
 Точность измерений: 0.05%  
 Форма образцов: порошки, твердые и жидкие материалы  
 Время тестирования: 30-400 сек  
 Типовое разрешение энергии: 150±5eV  
 Напряжение трубки: 5-50 кВ  
 Сила тока: 50-1000 мА



# EDX 3600B



### Вакуумная система

Большое преимущество в сравнении с традиционными приборами. Существенное уменьшение влияния рабочей атмосферы приводит в принципиально улучшает возможности системы.

### Автоматическая смена коллиматоров и фильтров

Полная автоматизация работы оператора посредством строенной системы контроля за процессом исследований и безопасности.

### Тройной уровень безопасности

### Независимая корректирующая матрица

### Многовариантная нелинейная процедура регрессии

### Произвольный анализ и идентификация элементов

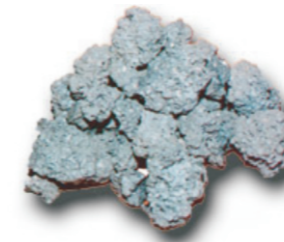
X-ray Fluorescence Spectrometer  
EDX 3600B

## Применение

Спектрометр EDX 3600B широко используется научных лабораториях для решения ряда задач.

NO.	Наименование организации	Применение
1	Комитет по вопросам законности, правопорядка и безопасности (ЭКЦ ГУВД)	Исследование различных материалов, примесей, определение толщины напылений, слоев нанообъектов
2	ЦЛАТИ, г. Петрозаводск	Исследование сталей, сплавов, почв, драгоценных металлов, вредных примесей и др.
3	Тюменский государственный университет	Исследование различных материалов, примесей, определение толщины напылений, слоев нанообъектов
4	ЦЛАТИ, г. Калининград	Исследование сталей, сплавов, почв, драгоценных металлов, вредных примесей и др.

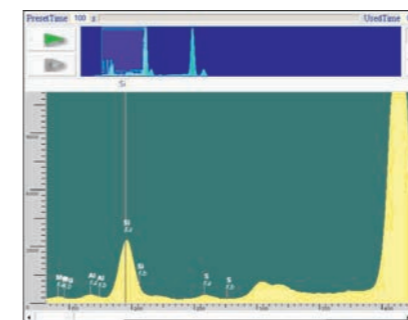
## Аглоруда



Во время исследования аглоруды, EDX3600B определяет элементы как Fe, Ca, Si с хорошей точностью. Дополнительно можно определить элементы как Mg, P, S, Cr, Mn, Ti и другие.

### Спектр аглоруды

А. Спектр высокощелочной аглоруды



В. Спектр низкощелочной аглоруды

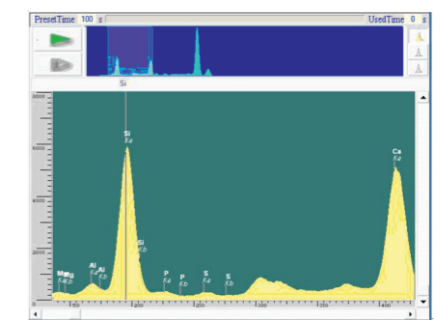
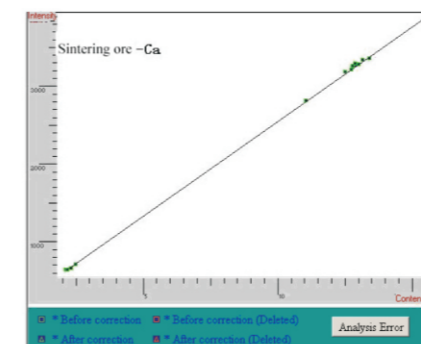


Рисунок спектра показывает четкие спектральные линии Fe, Ca и Si. Концентрация элемента получается путем анализа спектра используя калибровочную программу. Кроме того, хорошо видны спектральные линии таких элементов как Al, K, Mg. Это дает возможность одновременно определить их содержание

### Рабочая кривая кальция в аглоруде и калибровочные данные



Spectrum name	Content	Intensity
YSBC15704	15.79	3838.38
CS-D8	2.09	647.39
LS-24	13.13	3344.89
LS-22	12.48	3186.29
LSD-10	2.28	661.17
LSD-11	2.46	712.63
S4-23	12.77	3264.87
LS-25	12.99	3283.42
CSD-9	2.16	645.77
LS-23	12.69	3216.76
LS-21	12.84	3295.33
GBW07219A	11.03	2817.66
S4-45	13.38	3366.53

### Точность измерений аглоруды

Элементы	Ca	Si	Fe
Диапазон	5.00~20.00	5.01~15.00	≥50.00
Точность	≤0.15	≤0.15	≤0.2



Полный элементный анализ вещества

X-ray Fluorescence Spectrometer

Skyray Skyray Instrument Inc.

# EDX 3600B

Черная металлургия и сталелитейная промышленность

## Чугун

Чушковый чугун является наиболее важной частью в производственном процессе металлургии, поскольку его качество непосредственно влияет на качество конечного продукта. Это в свою очередь определяет объемы требуемых энергии и мощностей, необходимых для последующей переработки. Si, Mn, P и S в чугуне могут быть быстро и точно определены рентгенофлуоресцентным методом.

### Спектр чугуна

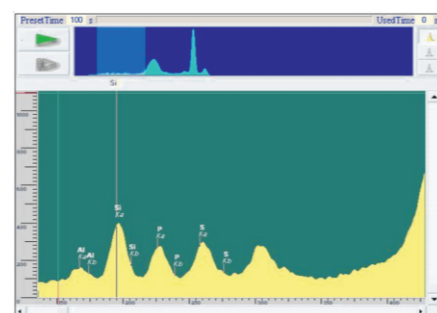
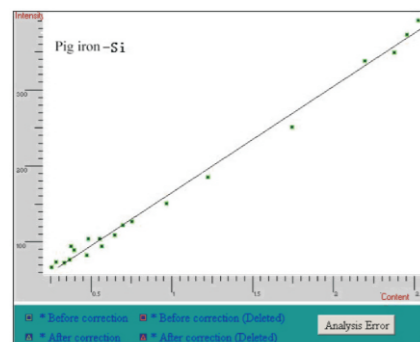


Рисунок спектра показывает четкие спектральные линии S, Mn, P, Si. Измерение содержания элемента может быть легко получено путем анализа спектра. Более того, хорошо видны спектральные линии дополнительных элементов как Al, Cr. Они также могут быть определены.

### Рабочая кривая кремния в чугуне и калибровочные данные



Spectrum name	Content	Intensity
LQ-6	1.16	172.06
13682Q	0.39	89.08
11048Q	2.37	348.8
11051Q	2.45	372.8
11048E	2.19	337.96
11049Q	2.52	391.27
4265-1	0.25	66.77
4265-2	0.28	73.63
14297	0.46	115.53
14299-1	0.47	82.44
14300-1	0.55	104.26
14300-2	0.69	122.17
14302-2	0.36	76.36
14323-1	0.37	94.35
14351-1	0.33	73.13

### Точность измерений чугуна

Элементы	Si	Mn	P	S
Диапазон	0.1~1.0	0.1~1.0	0.05~0.1	00.010~0.10
Точность	0.02	0.015	0.004	0.002

Спектрометр EDX 3600B используется в следующих областях:

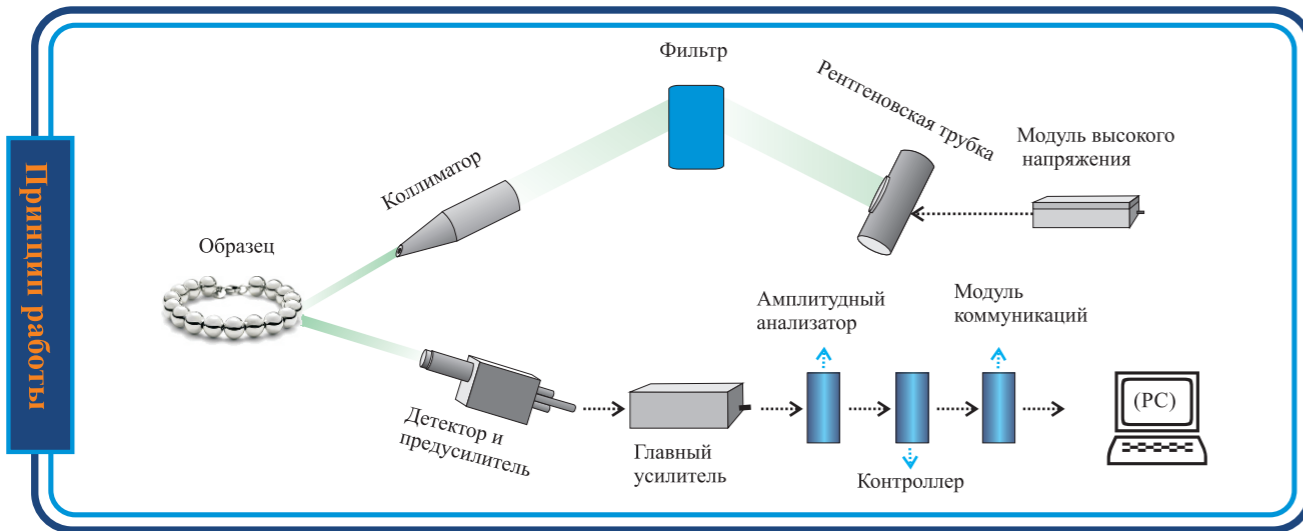
NO.	Отрасли применения	Решаемые задачи
1	Строительная промышленность	Исследование цементов, строительных смесей, бетонов, глин и пр.
2	Сталелитейная промышленность	Исследования железа и стали, пластин, железных фабрикатов
3	Чёрная и цветная металлургия	Исследование сталей, сплавов, нержавеющей стали, цветных металлов
4	Горно-рудная промышленность	Анализ качества месторождений
5	Химия и нефтехимия	Определение концентрации серы в нефтепродуктах, анализ полимеров
6	Научные исследования, нанотехнологии	Научные изыскания
7	Ювелирная промышленность и археология	Анализ драгоценных металлов и археологических образцов

### Различия между применением рентгенофлуоресцентных спектрометров и традиционным химическим методом в черной металлургии и сталелитейной промышленности

Черная металлургия и сталелитейная промышленность непрерывно производит продукцию в больших объёмах. Сырье, конечный продукт - все это требует быстрого и точного контроля для обеспечения непрерывного функционирования производственного процесса. Для этих целей во главу угла ставится точность, возможность работы с разными образцами и скорость получения результата.

Параметр	Традиционный химический метод	EDX3600
Скорость	Медленная, 10-30 мин	Быстрый, 2-5 мин
Результаты	Сильно зависит от квалификации оператора, плохая повторяемость результатов	Полная автоматизация, хорошая точность и повторяемость результатов
Трудоемкость	Высокая	Низкая, полная автоматизация исследований
Анализируемые элементы	1-2 элемента за одно исследование	Десятки элементов одновременно
Химическая зависимость	Метод анализа зависит от химических свойств исследуемых материалов	Не зависит от химических свойств вещества
Стоимость	Высокая	Низкая
Требуемая квалификация оператора	Высокая, долгое время обучения	Низкая, быстрое обучение

# EDX 3600B



Принцип работы

## Рентгеновское излучение элемента

Каждый элемент после облучения рентгеном излучает X-гау фотоны определенного уровня энергии. Эта характеристика и называется рентгеновской флуоресценцией.

## Рассеивание

Рассеяние является фоном спектра

## Фотоэлемент

Фотоэлектрон является основой детектора. В этом примере, интенсивность рентгена каждого элемента выражена в I1, I2, I3, I4, I5, ... соответственно. Содержание элемента C является функцией интенсивности рентгенофлуоресцентного поля:

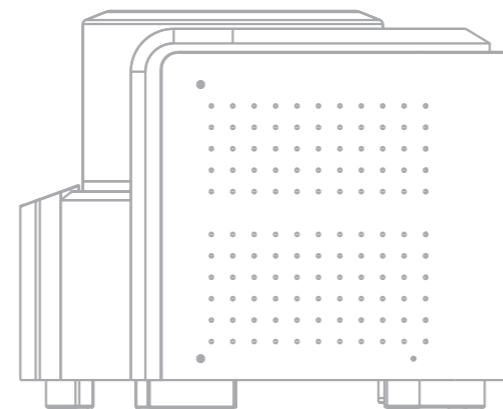
$$C = f(I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, \dots)$$

Это выражение может быть представлено как

$$C = K_1 I_1 + K_2 I_2 + K_3 I_3 + K_4 I_4 + K_5 I_5 + \dots$$

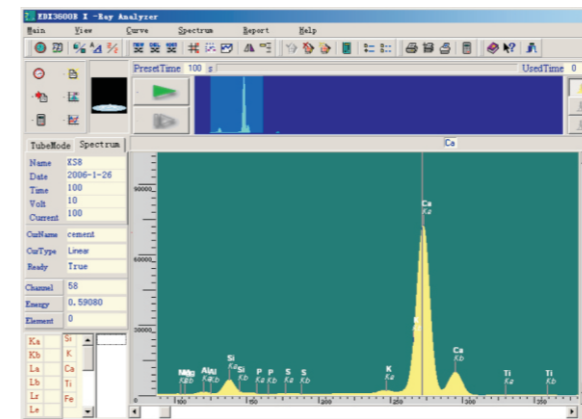
где

C это содержание элемента в образце, I1, I2, I3, I4, I5 - X-Ray интенсивность каждого элемента соответственно K1, K2, K3, K4, K5... это коэффициенты которые могут быть при измерении стандартного образца с известным содержанием элементов



## Примеры

### Цементная промышленность



Element	content	Intensity
Na	0.321	01.610
Mg	2.954	99.550
Al	4.042	182.950
Si	14.939	750.010
K	0.593	326.860
Ca	41.094	8114.300
Fe	0.213	62.100

### Результаты анализов легких элементов, проведенных на EDX3600B

Тесты	Элементы	Ca	Na	Mg	Al	Si	K	Ti	Fe	
Test1		44.410	0.458	3.563	4.582	10.012	0.344	0.113	3.388	200s
Test2		44.400	0.448	3.460	4.442	9.801	0.352	0.113	3.385	200s
Test3		44.448	0.427	3.480	4.493	9.954	0.347	0.112	3.368	200s
Test4		44.461	0.430	3.652	4.397	9.804	0.349	0.111	3.389	200s
Test5		44.423	0.448	3.608	4.491	9.879	0.342	0.113	3.388	200s
Test6		44.475	0.450	3.534	4.519	9.917	0.347	0.112	3.375	200s
Test7		44.446	0.444	3.782	4.663	9.934	0.351	0.111	3.389	200s
Test8		44.347	0.446	3.729	4.442	10.110	0.350	0.109	3.365	200s
Test9		44.355	0.450	3.560	4.450	10.090	0.352	0.111	3.354	200s
Test10		44.444	0.452	3.581	4.359	10.076	0.350	0.113	3.374	200s
Test11		44.444	0.464	3.554	4.548	9.688	0.351	0.113	3.372	200s
Test12		44.429	0.448	3.655	4.499	9.789	0.352	0.113	3.350	200s
Test13		44.430	0.453	3.717	4.521	10.093	0.350	0.113	3.359	200s
Test14		44.490	0.451	3.779	4.466	10.206	0.348	0.111	3.362	200s
Test15		44.462	0.446	3.679	4.483	10.212	0.348	0.115	3.362	200s
Test16		44.494	0.445	3.445	4.426	10.044	0.355	0.109	3.350	200s
Test17		44.440	0.435	3.720	4.418	10.053	0.348	0.111	3.355	200s
Test18		44.418	0.438	3.640	4.543	10.067	0.354	0.108	3.369	200s
Test19		44.428	0.427	3.705	4.359	10.310	0.350	0.112	3.371	200s
Test20		44.551	0.466	3.646	4.659	10.391	0.350	0.110	3.368	200s
Усредненное значение		44.44	0.45	3.62	4.49	10.02	0.35	0.11	3.37	
Стандартное отклонение		0.04	0.01	0.10	0.08	0.18	0.00	0.00	0.01	
3s значение		0.13	0.03	0.29	0.25	0.53	0.01	0.01	0.04	
Относительное стандартное отклонение, RSD		0.10%	2.34%	2.71%	1.82%	1.76%	0.86%	1.51%	0.38%	

Наименование образца: цемент

$$S_{(x)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2}{n-1}}$$

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n}$$

Sn - стандартное отклонение после n тестов

N - число тестов

$\bar{N}$  - среднее значение после n тестов

$$RSD = \frac{S_{(N)}}{\bar{N}} \times 100\%$$