

ОБРАЩЕНИЕ С ЗОЛОШЛАКАМИ

3.3. Свойства золошлаков

3.3.9. Измерение формы и фракционного состава микросфер

Д. Каминска, С. Камински, КАМІКА Instruments, Варшава, Польша

При применении общепринятых оптико-электронных измерительных методах [1] для опрощения расчётов каждое измеренное зерно приравнивают к сфере, независимо от его формы. Таким методом однозначно определяется характеристика зернистости типовых для данного материала зёрен. Если сравнить результаты, полученные с использованием упомянутого метода, с результатами анализа с помощью механических сит, то можно сделать заключение о форме частиц, т.к. оба метода дают сходные результаты измерения шаровидных частиц. Причем, чем больше имеются различия в измерениях, тем больше частицы отличаются от сферических, являясь более вытянутыми либо сплюснутыми.

Для контроля степени сферичности частиц был разработан метод, который позволяет одновременно измерять частицы в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Для такого метода [2] необходимы достаточные частоты измерения, т.е. бысторедействующие аналого-цифровые преобразователи (АЦП) с высокой разрешающей способностью.

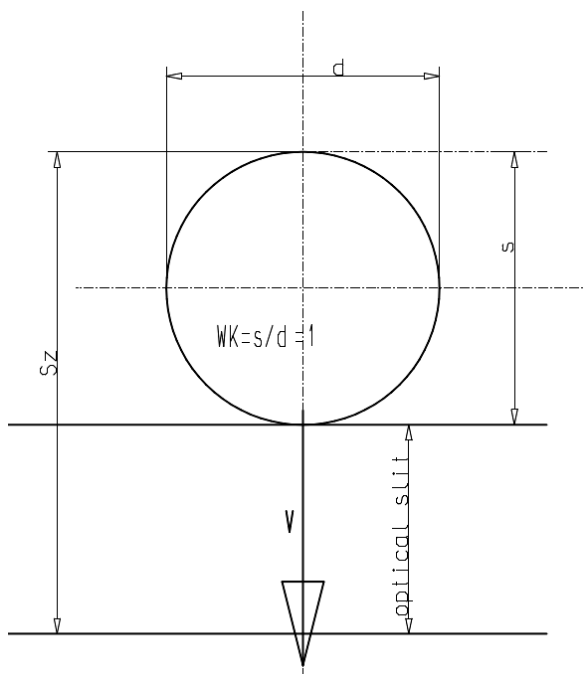


Рис. 1. Метод измерения ширины частицы

Измеряя оптическим способом диаметр d , представленный на рис. 1, и подсчитывая количество измерений генерируемых частицей, продвигающихся через оптическую щель, можно вычислить такое значение s , которое после калибровки будет равно d сферических частиц.

Приведенные рассуждения не приводят к решают проблемы целиком. Частицы могут быть более лёгкие или тяжёлые, и это имеет большое влияние на время измерения. Рассмотрим оседание частицы диаметром d в трубе диаметром D в процессе отложения осадка - рис. 2. Согласно Ожеховского [3], скорость оседания такой частицы отличается от скорости оседания в свободном пространстве, т.к. скорость оседания в пристеночной зоне трубы иная, чем скорость оседания частицы, движущейся вдоль оси в трубе.

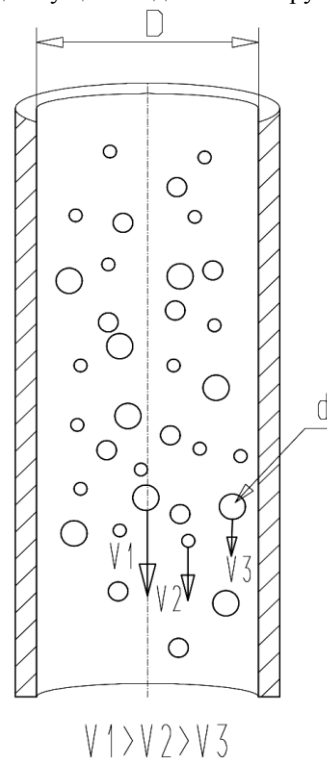


Рис. 2. Изменения скорости частицы в засасывающей трубке

Иллюстрацией средней скорости оседания частиц является кривая "b" на рис. 3. Если к скорости оседания добавить скорость V_p , которая является скоростью засасывания частиц анализатором, то мы получим кривую "a" на рис. 3.

При калибровке сферических частиц по величине и удельному весу мы можем воспользоваться кривой "c", которая представляет одинаковые по удельному весу, но отличающиеся по величине частицы. На рис. 3 кривая "c" представляет характеристику ширины сферических частиц с одинаковым удельным весом, равным $2,5 \text{ г/см}^3$.

Большее количество таких кривых позволяет определить измерительный спектр различных

сферических частиц, но для этого следует иметь много проб сферических частиц различных мате-

риалов, отличающихся удельным весом.

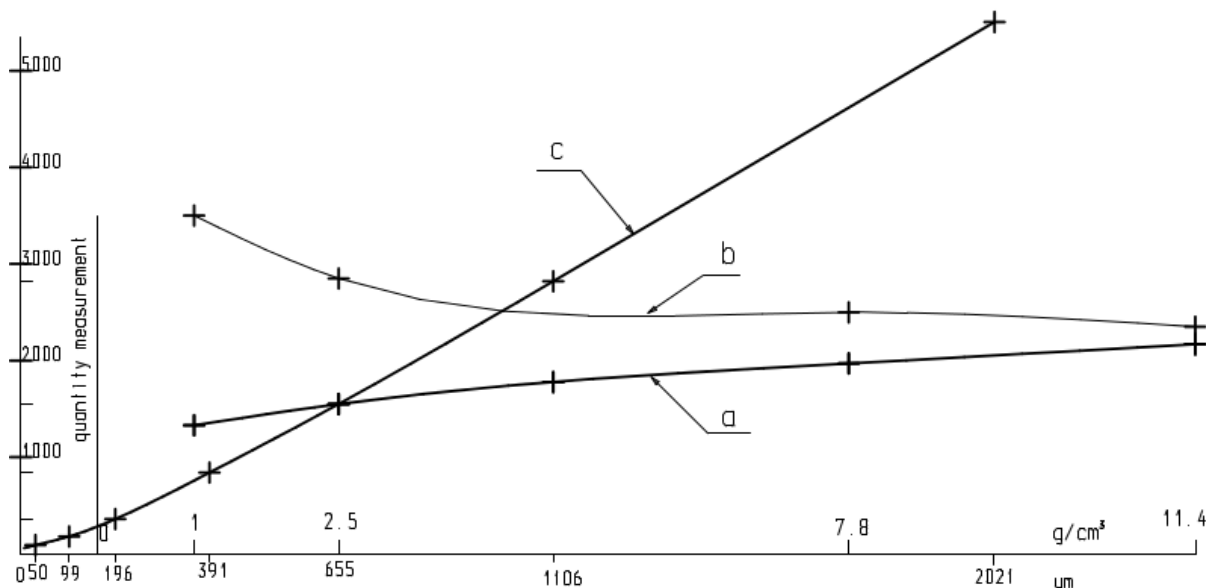


Рис. 3. Изменение скорости частицы в зависимости от ее удельного веса и размера, как функция количества измерений.

На рис. 4 представлена микрография микросфер с удельной поверхностью, равной $150 \text{ см}^2/\text{г}$ (F150) при большом увеличении, где можно увидеть их структуру. Проба состоит из практически идеальных сфер (коэффициент формы частиц $W_k = 1$), в которой попадаются частицы неправильной сферической формы и сломанные раковины. Это объясняет различие результатов измерений сферичности частиц W_k . На различие результатов также влияет то, что частицы микросферы имеют разный состав, что изменяет удельный вес отдельных частиц.

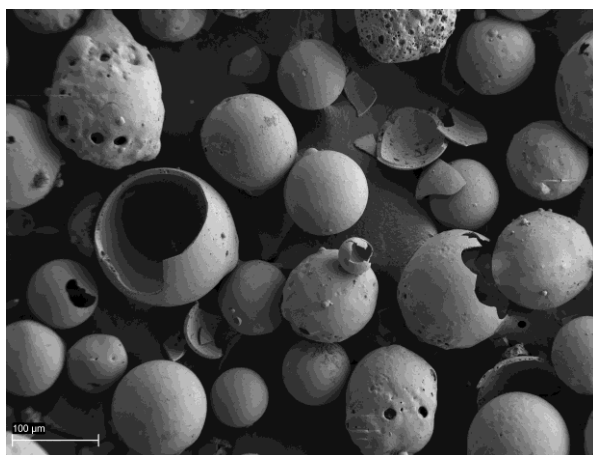


Рис. 4 Микрография F150 при большом увеличении

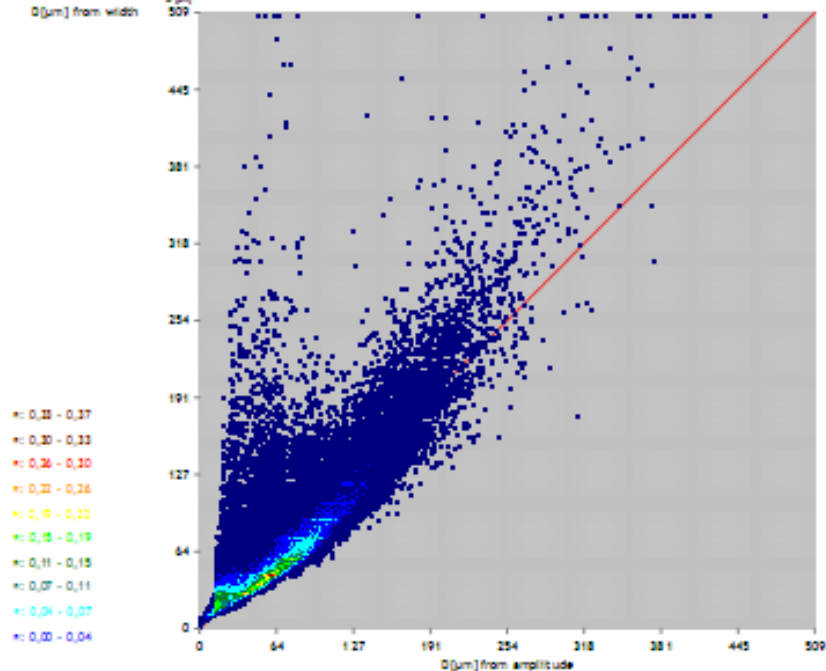
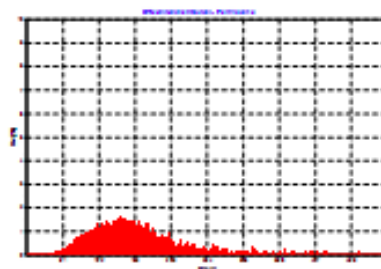
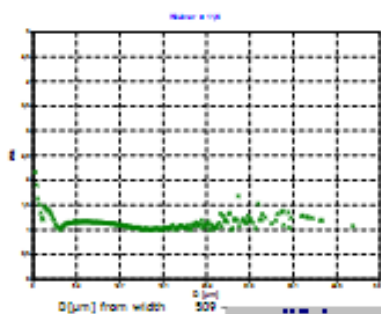
Результаты измерений микросфер представлены на рис. 5, 7 и 9. Измерениям соответствуют микроскопические снимки 6, 8 и 10. На диаграмме 5 на

горизонтальной оси представлено распределение амплитуды, т.е. ее длина, а на вертикальной оси — ее ширина. Большинство частиц попадает в зону, близкую к диагонали. На диагонали распределены частицы, которые имеют идеальную сферическую форму. Чем дальше частицы отклоняются от диагонали, тем они медленнее движутся, что может быть вызвано формой частиц или их удельным весом. Чаще всего форма мелких частиц является результатом разрушения более крупной частицы, и поэтому на диаграмме с левой стороны появляются пики. Там могут находиться длинные, но тонкие частицы, ориентирующиеся при движении через измерительное пространство в соответствии с минимальным аэродинамическим сопротивлением.

Результаты измерений для микрочастиц с удельной поверхностью F500 и Omega SG почти одинаковы, только микрочастицы F150 имеют меньший диапазон размеров и большее содержание мелких загрязнений. В пробе частиц F150 по сравнению с двумя остальными множествами частиц имеются более концентрированные сферические частицы, что подтверждается фотографиями (рис. 4 и рис. 10), поэтому средние значения коэффициента сферичности (W_k) практически одинаковы для всех трех проб, но изменения W_k для определенных размеров микрочастиц будут сильно отличаться. Вот почему имеются такие изменения масштаба с левой стороны главной диаграммы.

File name	D:\201807\1.kamika\1001_10_10_1
Parameter	25104
Measurement date	2018-07-20 14:23:53
Name point	MIKROGRAFI
Material	F500
Material	Ka
Gamma	1,000

2-dimensional shape analysis - Wk



- n: 0,33 - 0,37
- n: 0,30 - 0,33
- n: 0,26 - 0,30
- n: 0,22 - 0,26
- n: 0,18 - 0,22
- n: 0,15 - 0,18
- n: 0,11 - 0,15
- n: 0,07 - 0,11
- n: 0,04 - 0,07
- n: 0,00 - 0,04

Рис. 5. Результаты измерения для микросфер F500

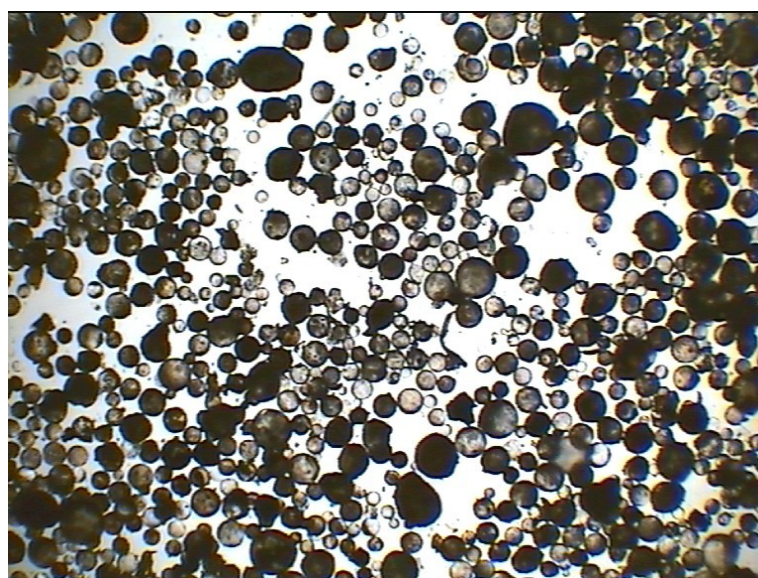


Рис. 6. Вид микросфер F500

File name	D:\2012\2012\16mar\F15011.MD1
Parameters	x2106
Measurement date	2016-03-20 20:10:16
Measure point	MICROSPHER
Material	F150
Material	KA
Gain	1,000

2-dimensional shape analysis - Wk

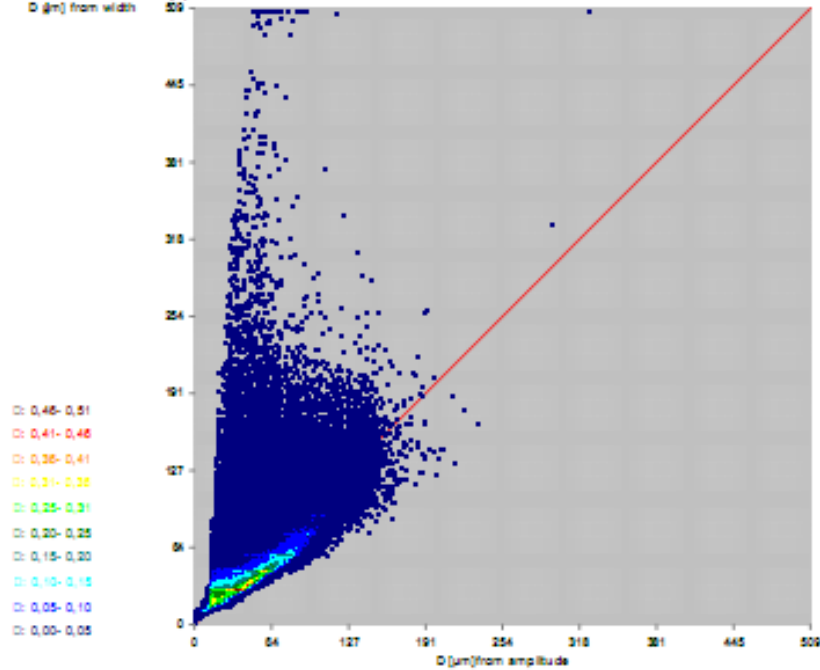
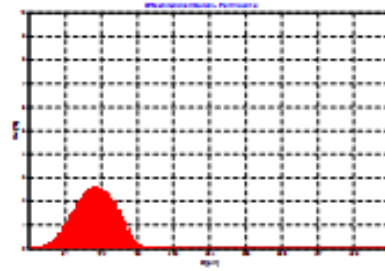
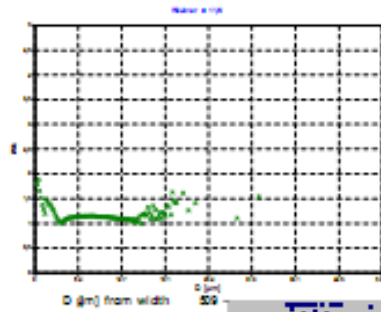


Рис. 7. Результаты измерения для микросфер F150

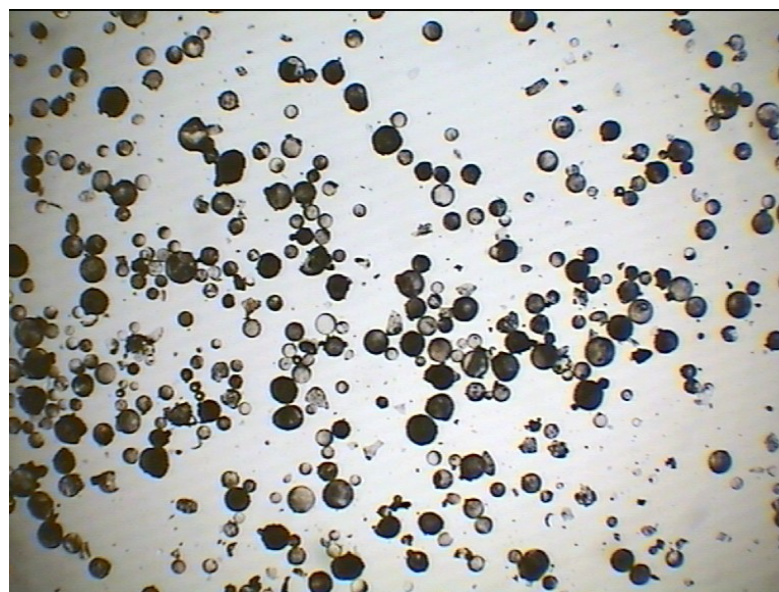


Рис. 8. Вид микросфер F150

File name	D:\130 LAB\1. zmierz\TMC1 12. NO 1
Parameter	22106
Measurement date	2016-05-20 20:11:33
Measure point no.	K0002.00000
Material	Omega SG
Wavelength	63
Gain	1,000

2-dimensional shape analysis - Wk

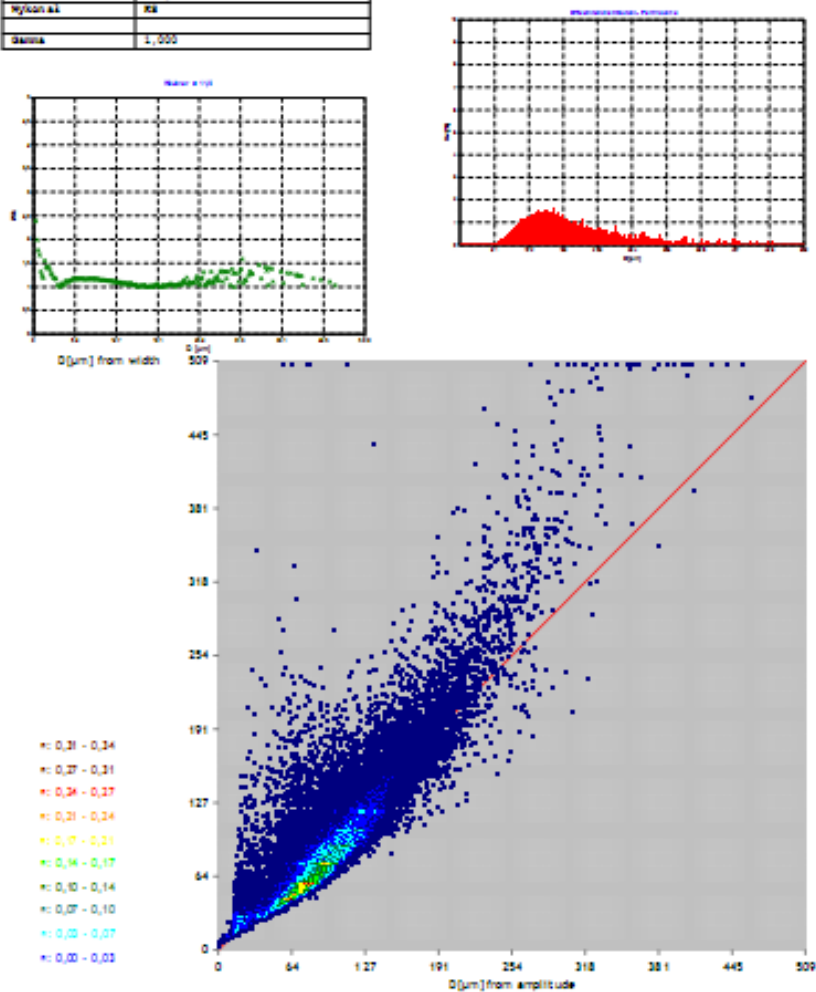


Рис. 9. Результаты измерения для микросфер Omega SG

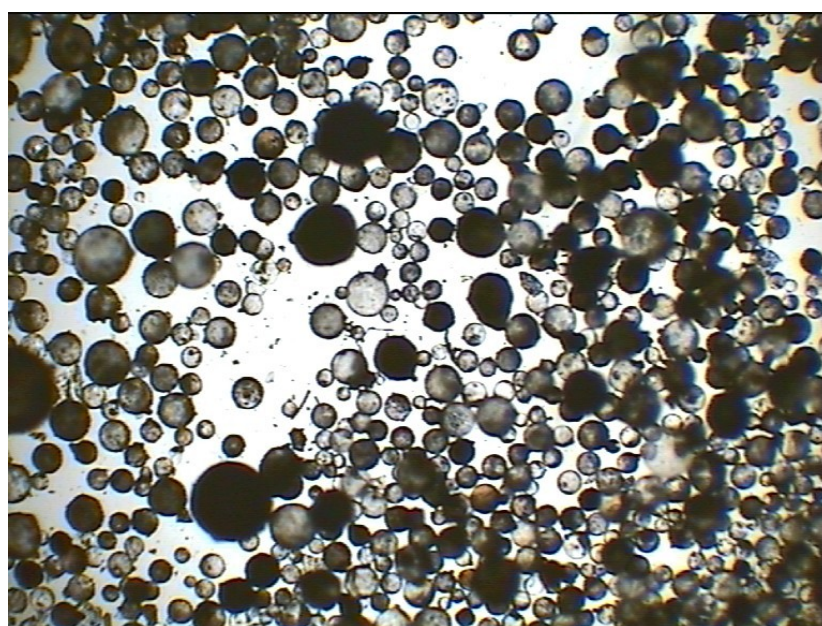


Рис. 10. Вид микросфер Omega SG

Для сравнения результатов измерений параметров микросфер были проведены измерения бентонита - рис. 11, который обладает пластинчатой структурой. Средний коэффициент сферичности пробы микросфер составил 1,16, а бентонита - 5,08. Распределение частиц бентонита расположено в совершенно другой зоне диаграммы, нежели распределение частиц микросфер.

На рис. 12 представлен еще один набор результатов исследований с дополнительной таблицей, содержащей различные измерения средних диаметров и величину удельной поверхности. С помощью той же программы можно определить ситовую рассевку одновременно с определением коэффициента сферичности для каждой группы фракций. Более того, на трехмерной диаграмме

также представлены распределения размеров частиц: комбинированная диаграмма для двух размеров частиц и отдельно для каждого размера.

Представленные результаты измерений не исчерпывают всех возможностей программного обеспечения, которое обеспечивает оптимизацию важных технологических процессов.

В заключении стоит отметить следующее:

1. Представленный анализатор 2DiSA позволяет эффективно провести измерения и описание формы частиц в двух размерах в различных плоскостях.
2. Он может быть особенно пригоден для оценки материалов, состоящих из микросфер.

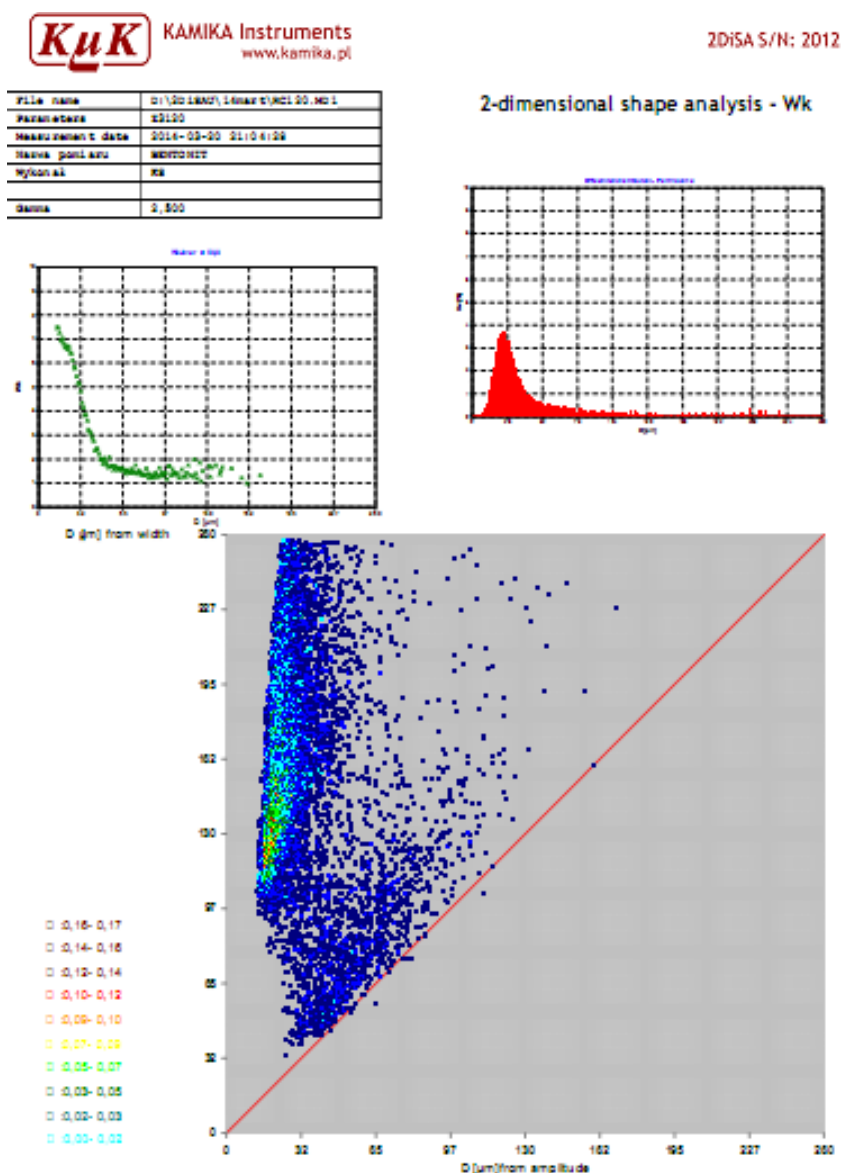
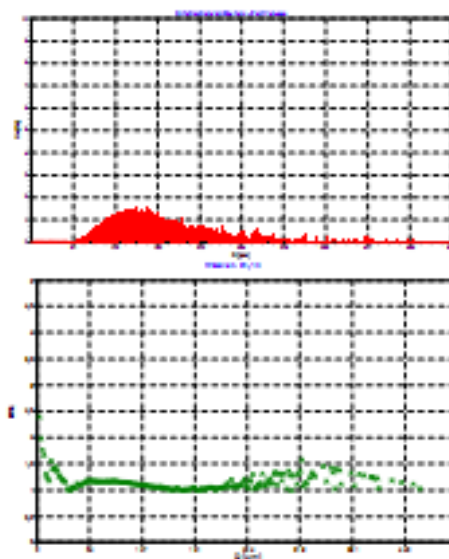


Рис. 11. Результаты измерений бентонита

File name	D:\ZDiSA\2012\20120411\20120411_001
Parameters	e2128
Measurement date	2012-03-20 20:19:22
Name particle	MICROSPERV
Material	omega SG
Material	KE
Count	1,000

Count	20490
Time [s]	156,0
D ₀ [µm]	99,5
D ₁₀ [µm]	109,4
D ₂₀ [µm]	119,4
D ₃₀ [µm]	141,3
D ₄₀ [µm]	177,5
D _{med} (WV) [µm]	149,9
D _{med} (NV) [µm]	139,7
Percentile 04 (WV) [µm]	26,6
Percentile 100% (WV) [µm]	442,0
W ₁ [cm ³ /g]	170
W _V [cm ³ /cm ³]	425
W _{EC} [µm]	95,3
W _K	1,144

2-dimensional shape analysis - Wk and sieve analysis according to ELSIEVE method



Distribution of fractions -Reverse cumulative distribution of particles

Number	12	11	10	9	8	7
Classes [µm]	80,00	100,00	120,00	140,00	160,00	180,00
Nv [%]	100,00	100,00	99,99	99,98	99,72	91,68
1/Wk	0,012	0,011	0,010	0,012	0,014	0,022

Number	6	5	4	3	2	1
Classes [µm]	100,00	120,00	140,00	160,00	180,00	200,00
Nv [%]	81,68	66,99	49,28	24,44	13,71	6,08
1/Wk	0,012	0,008	0,007	0,004	0,001	0,002

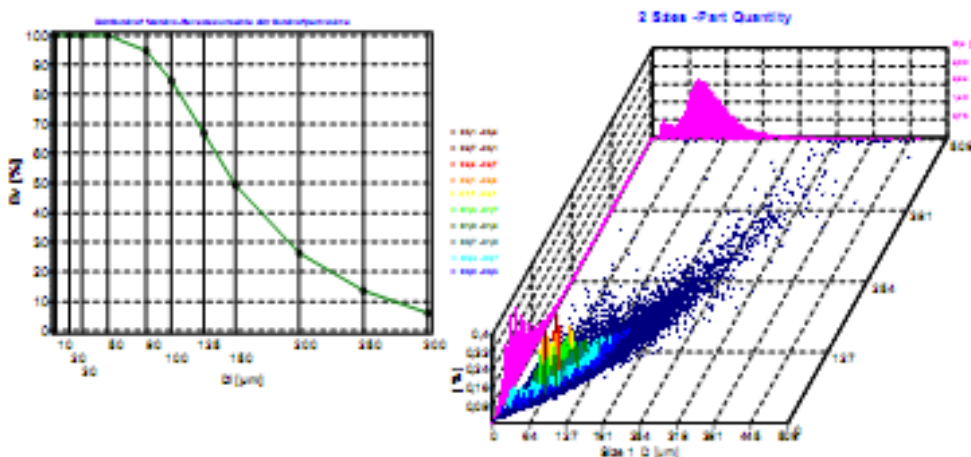


Рис. 12. Подробные результаты измерений микросфер Omega SG

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. Kamiński S., Kamińska D. "Comparing granulation measurement methods for grain materials" CHEMIK 2012, 66, 5, 406-411.
2. Kamińska D., Kamiński S. The use of Kamika equipment for examination of distributions of particles in coal dust and ash, as well as for measurements of dust content in flue gases - proceedings of the IV International Scientific and Practical workshop "Ashes and slags from TPPs – removal,

transport, processing, landfilling", Moscow, 19-20 April, 2012 - M: MPEI - Publishers, 2012 P173-178.

3. Orzechowski, Z. "Two-phase flows", the Polish Scientific Publishers, Warsaw, 1990.

Д. Каминска, С. Камински. Измерение формы и фракционного состава микросфер // Материалы V конференции «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 24–25 апреля 2014 г. — М.: Полиграфический центр МЭИ, 2014. с. 107 – 113.