

Анализ размера и формы частиц методом
динамической обработки изображения

CAMSIZER X2

MICROTRAC
MBB
PARTICLE CHARACTERIZATION





Microtrac MRB – Все преимущества оптического анализа частиц

Высококачественное оборудование для научно-исследовательской сферы и контроля качества.
Сделано в Германии

Компания Microtrac MRB - ведущий поставщик оборудования для гранулометрического анализа. Мы предлагаем своим клиентам передовые технологии и богатый опыт работы в отрасли, чтобы вы всегда могли получать только самые точные результаты анализа. Методы измерения, которые воплощают наши анализаторы частиц, - лазерная дифракция и динамический анализ цифровых изображений - идеальны для работы с самыми разными материалами. Диапазон измерения анализаторов - от 0,3 нм до 30 мм – охватывает самые разные материалы от наночастиц до гравия!

Наш коллектив опытных специалистов занимается разработкой и производством анализаторов частиц в головном офисе компании в г. Хан близ Дюссельдорфа. Наши главные ценности - инновации, качество и внимание к требованиям заказчика. Мы предлагаем не только авангардные измерительные технологии, но и целый спектр услуг по сервисному обслуживанию, от консультаций по применению продукции до практической подготовки персонала. Как часть подразделения Verder Scientific мы оказываем поддержку по всему миру через сеть представительств и дистрибьюторов.

Анализаторы CAMSIZER

Динамический анализ размеров и формы частиц в высоком разрешении

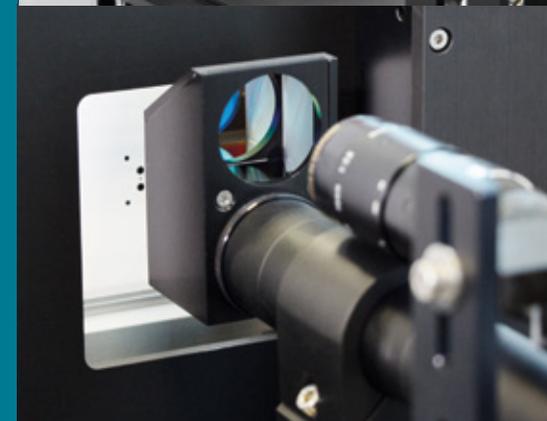
По мере того как требования к качеству продукции становятся всё более строгими, всё большую важность приобретает точность анализа сырьевых, промежуточных материалов, а также самой продукции. Автоматизация, высокая производительность и минимальное время измерения - вот преимущества, которые делают анализатор час-тиц CAMSIZER идеальным прибором для повседневного анализа в сфере контроля качества. Высокотехнологичное аналитическое программное обеспечение позволяет получить массив ценных данных и параметров измерения. Благодаря этому анализаторы активно применяются в сфере исследований и разработок.

Компания Microtrac MRB установила стандарт

динамического анализа изображений, внедрив запатентованную технологию Dual Camera во всё оборудование серии CAMSIZER.

Благодаря высочайшей достоверности и воспроизводимости результатов, а также широкому динамическому диапазону измерения анализаторы CAMSIZER занимают ведущие позиции на мировом рынке. В серию входят две модели, каждой из которых соответствует собственная область применения:

- ▶ CAMSIZER X2: для мелких порошков, склонных к агломерации, и суспензий
- ▶ CAMSIZER P4: для свободно текущих сыпучих материалов и гранулята



CAMSIZER X2

Широкие возможности гранулометрического анализа в соответствии с требованиями современных стандартов

Анализатор частиц CAMSIZER X2 - это мощный и универсальный прибор с широким диапазоном измерения, сочетающий преимущества инновационного оптического блока и различных вариантов диспергирования. Метод динамического анализа изображений, лежащий в основе анализатора CAMSIZER X2, позволяет получить точные данные о размере и форме частиц порошков, гранулята, а также суспензий в диапазоне от 0,8 мкм до 8 мм.

Поток частиц, проходя через зону измерения анализатора CAMSIZER X2, регистрируется видеокамерами высокого разрешения. Стробоскопические светодиодные источники света высокой яркости и две цифровые

видеокамеры высокого разрешения позволяют добиться частоты кадров свыше 300 изображений в секунду, обработка которых выполняется в реальном времени при помощи мощного программного обеспечения. Таким образом, анализатор CAMSIZER X2 способен обработать от нескольких сотен тысяч до миллионов частиц с высокой достоверностью всего за 1-3 мин. Разнообразные данные, которые можно получить при помощи анализатора CAMSIZER X2, позволяют составить максимально полную и достоверную картину свойств образца. Анализатор подходит для использования в научно-исследовательской сфере, а также повседневной работы для контроля качества.

Анализатор частиц CAMSIZER X2

- ▶ Определение размеров и формы частиц в диапазоне от 0,8 мкм до 8 мм методом динамического анализа изображений (согласно ISO 13322-2)
- ▶ Анализ распределения частиц по размерам с высокой точностью
- ▶ Превосходное распределение для изучения узкого или многомодального распределения частиц по размерам
- ▶ Обнаружение даже незначительных количеств негабаритных частиц
- ▶ Полная сопоставимость с результатами лазерной дифракции и ситового анализа
- ▶ Богатый выбор дополнительных функций (различные параметры размера и формы, библиотека частиц, анализ частиц на одном изображении и др.)
- ▶ Высочайшая воспроизводимость результатов
- ▶ Время измерения 1-3 мин, высокая производительность
- ▶ Модульная система "X-Change" для анализа в сухой и влажной среде
- ▶ Светодиодный источник света высокой яркости и видеочамеры высокого разрешения - залог превосходных результатов
- ▶ Удобство работы, обслуживание почти не требуется



Сверхширокий диапазон измерения благодаря технологии Dual Camera

Технология Dual Camera, разработанная и запатентованная компанией Microtrac MRB, - важный этап развития метода динамического анализа изображений. Система из двух видеокамер с разной степенью увеличения, работающих одновременно, позволяет охватить широкий динамический диапазон измерения. При этом не требуются какие-либо модификации или регулировки оборудования, а достоверности результатов ничто не угрожает. Каждой камере соответствует собственный диапазон измерения. КАМЕРА С УВЕЛИЧЕНИЕМ регистрирует мелкие частицы в высоком разрешении, а ОСНОВНАЯ КАМЕРА - крупные частицы с высокой статистической достоверностью. Данные, собранные камерами, используются, при помощи

специального алгоритма, для построения высокоточного графика распределения по размерам частиц с соотношением размеров, равным 30!

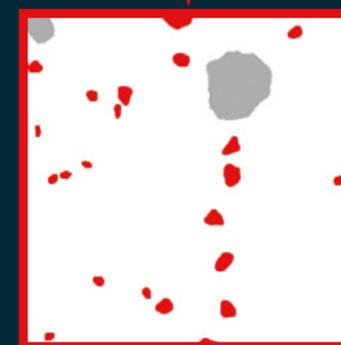
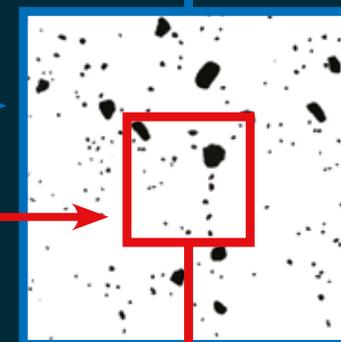
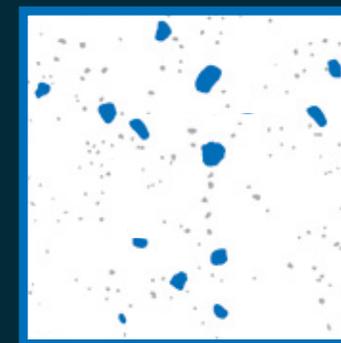
Это позволяет избежать значительных недостатков большей части оборудования для анализа изображений, оснащенных только одной видеокамерой, например, микроскопов. Такое оборудование не сможет точно регистрировать либо мелкие частицы с широким диапазоном распределения, либо крупные частицы из-за недостаточного поля зрения.



dual camera
technology

Принцип измерения

Во время измерения обе видеокамеры работают одновременно: ОСНОВНАЯ КАМЕРА (красный) регистрирует крупные, а КАМЕРА С УВЕЛИЧЕНИЕМ (синий) - мелкие частицы. Такая конструкция обеспечивает оптимальные условия измерения для частиц любых размеров в анализируемом диапазоне.





Модульная система X-Change: универсальность и гибкость

Не менее, чем сам анализ, важны качество пробоподготовки и диспергирования перед прохождением через зону измерения. Это особенно касается мелких порошков, склонных к агломерации, от эффективности диспергирования которых напрямую зависит достоверность результатов измерения. Таким образом, подобрав подходящий способ подачи образца, можно эффективно разбивать агломераты, не повреждая отдельные частицы. Анализатор CAMSIZER X2 может делать это одним из двух способов:

▶ Диспергирование сжатым воздухом

Образец, загруженный в картридж X-Jet, рассеивается через форсунки с трубками Вентури, после чего попадает в зону измерения. Регистрация частиц выполняется прямо в потоке воздуха. Благодаря тому, что давление диспергирования регулируется в диапазоне от 5 до 460 кПа, можно создать оптимальные условия для работы с любыми материалами.

▶ Диспергирование в свободном падении

При работе с чувствительными образцами, частицы которых легко разбиваются,

используется картридж X-Fall для анализа в свободном падении. После анализа образец собирается в контейнере.

▶ Диспергирование в жидкости

При помощи модуля X-Flow анализатор CAMSIZER X2 может выполнять анализ частиц в потоке жидкости. Суспензия циркулирует в закрытом контуре, и видеокамеры регистрируют проходящие перед ними частицы. Для еще большей эффективности диспергирования используется встроенный ультразвуковой модуль.



MICROTRAC
MSB

MICROTRAC
MSB

LAZER X2

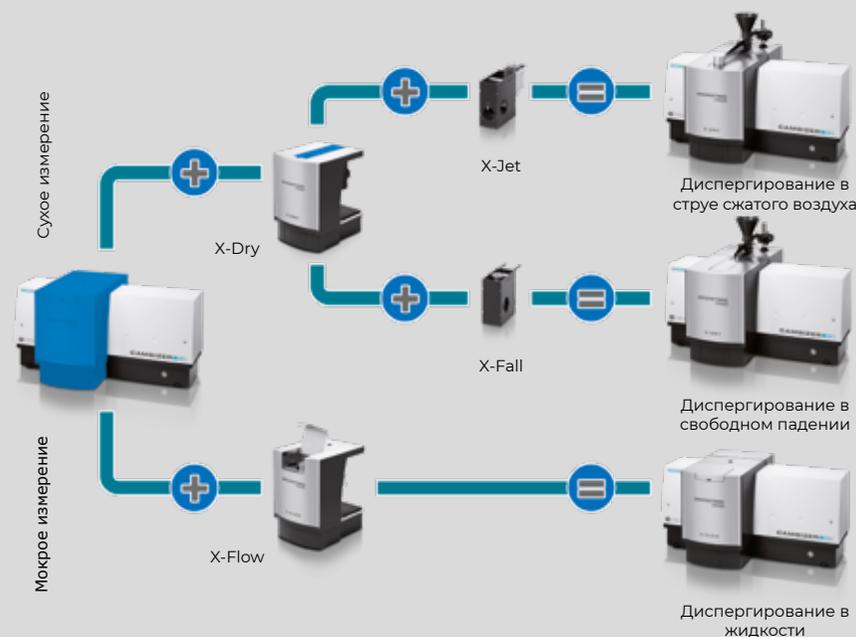
X-DRY

Particle Characterization
Technology

Модульная конструкция - залог универсальности и эксплуатационной гибкости

Еще до того, как образец попадет в зону измерения, он должен быть тщательно диспергирован, для обеспечения заявленной достоверности результатов.

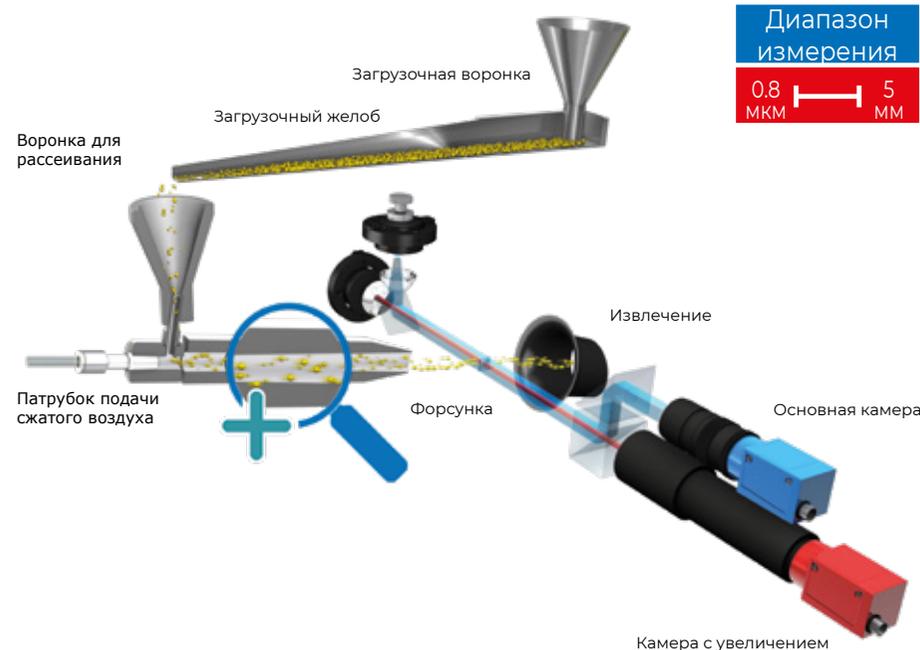
Благодаря модульной системе X-Change анализатор CAMSIZER X2 поддерживает три различных способа диспергирования частиц, что позволяет выбрать оптимальное решение для каждого типа образца: диспергирование в жидкости (модуль X-Flow), в свободном падении (картридж X-Fall) или в струе воздуха (картридж X-Jet). Модули и картриджи легко и быстро заменяются, поэтому работать с самим анализатором CAMSIZER X2 так же легко и безопасно.



Диспергирование в струе сжатого воздуха, картридж "X-Jet"

Как правило, тонкие порошки склонны слипаться (агломерировать) из-за различных сил притяжения, действующих на микрокосмическом уровне. Для устранения этого эффекта предназначен картридж X-Jet, позволяющий рассеивать частицы в струе воздуха, проходящего через форсунки с трубками Вентури. Давление воздуха можно отрегулировать в зависимости от материала образца, например снизить давление при работе с чувствительными образцами, частицы которых легко разбиваются. После анализа образец автоматически отводится из зоны измерения при помощи вытяжной системы.

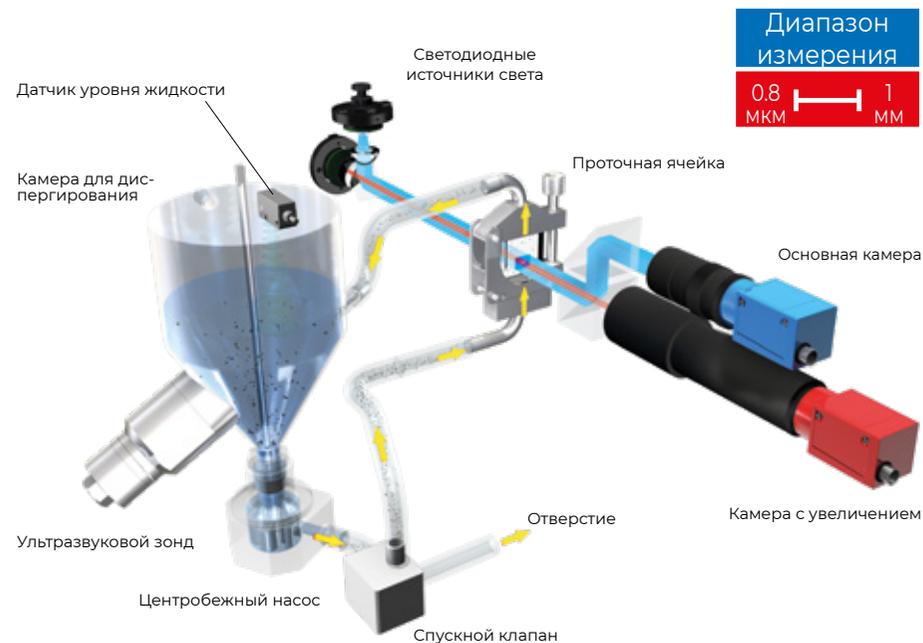
- ▶ Возможность регулирования давления в диапазоне от 5 до 450 кПа
- ▶ Высокая эффективность диспергирования, даже для частиц размером <math><10\text{ мкм}</math>
- ▶ Бережная работа с чувствительными образцами
- ▶ Высокая скорость анализа и производительность
- ▶ Форсунки различного диаметра для эффективного управления давлением диспергирования



Анализ частиц в жидкости, модуль “X-Flow”

Модуль X-Flow предназначен для анализа образцов, взвешенных в суспензии (размер частиц от 0,8 мкм до 1 мм). Образец движется из камеры для диспергирования в проточную ячейку, где видеокамеры регистрируют проходящие мимо частицы. Модуль X-Flow также оснащается ультразвуковой ванной и мощным центробежным насосом для еще большей эффективности диспергирования. В качестве рабочей среды можно использовать воду, спирт и неполярные органические растворители.

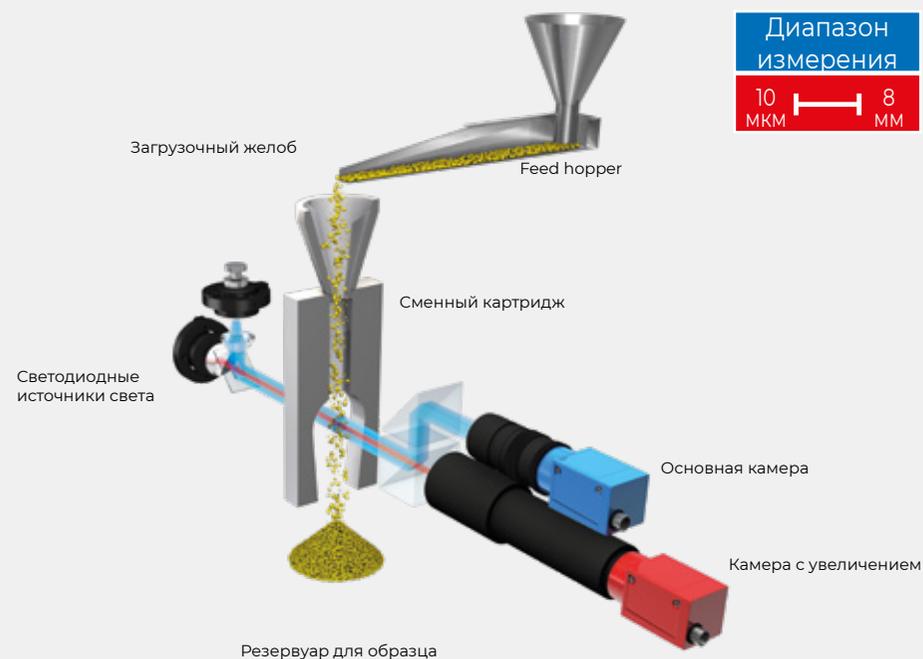
- ▶ Анализ частиц, взвешенных в суспензии
- ▶ Ультразвуковая ванна для повышения эффективности диспергирования
- ▶ Стойкость к органическим растворителям
- ▶ Различные варианты конструкции измерительных ячеек



Анализ частиц в свободном падении, картридж “X-Fall”

Для анализа сыпучих порошков, частицы которых не склонны к агломерации, предназначен картридж X-Fall. Сами частицы в процессе анализа не разбиваются, поскольку подаются с помощью вибрационного питателя прямо в зону измерения, где их регистрируют видеокамеры. Картридж X-Fall рекомендуется использовать для образцов с размером частиц до 8 мм; при этом чувствительность обнаружения частиц, размер которых превышает диапазон измерения, очень высока. По сравнению с диспергированием в струе сжатого воздуха, по завершении анализа образец можно сразу же вынуть вместе с картриджем X-Fall.

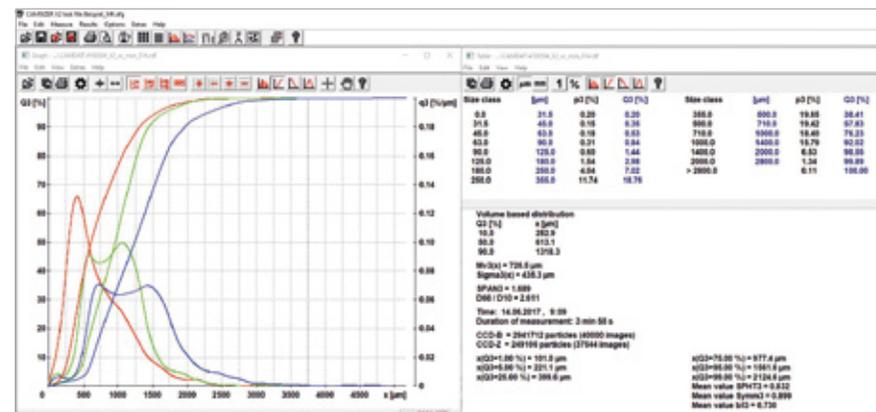
- ▶ Бесконтактное измерение, бережное к чувствительным образцам
- ▶ Максимальный размер частиц 8 мм
- ▶ Сбор образца в полном объеме



Широкие возможности анализа и оценки данных

Основные особенности: Метод динамического анализа изображений позволяет составить полную картину свойств анализируемого образца. Высокопроизводительное программное обеспечение CAMSIZER, обрабатывающее десятки параметров каждой частицы, представляет результаты измерения в виде четко структурированного отчета, отвечающего требованиям отраслевых стандартов. Также предлагаются такие дополнительные функции, как комплексный экспорт данных, а также создание сводных таблиц или графиков анализа тенденций.

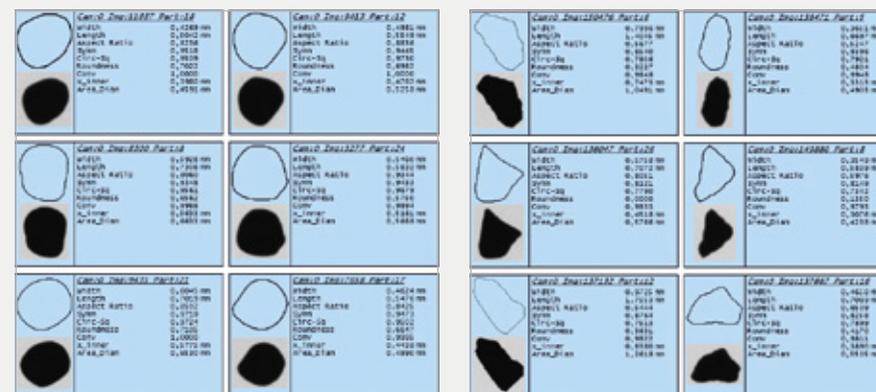
Кроме этого, программное обеспечение позволяет сохранять и вести автоматический мониторинг заданных характеристик образца. Для предотвращения нежелательного доступа к системным настройкам предусмотрена защита паролем. Это позволяет избежать ошибок, если с анализатором работают лица без соответствующей технической подготовки.



Пользовательский интерфейс программного обеспечения CAMSIZER

Программный модуль Particle X-Plorer для подробного анализа данных

Основное преимущество динамического анализа изображений - возможность обработки огромного количества частиц в самое короткое время. Всего за 2-3 минуты можно получить данные о нескольких сотнях тысяч или даже миллионах частиц, что обеспечивает превосходную статистическую достоверность. Благодаря инновационному программному модулю Particle X-Plorer можно импортировать информацию о каждой частице в базу данных, что позволяет затем вести поиск нужных частиц по заданным параметрам или их сочетанию. Это значительно упрощает задачи по разработке, интерпретацию результатов измерения и понимание свойств материала. Также программный модуль Particle X-Plorer позволяет создавать трехмерные диаграммы рассеивания, при помощи которых можно применять фильтры и подробно изучать массив данных.

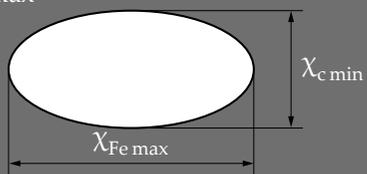


Образец песка (зерна округлой формы)

Образец песка (зерна неправильной формы)

ОТНОШЕНИЕ ШИРИНА К ДЛИНЕ

$$\frac{\chi_{c \min}}{\chi_{Fe \max}}$$



ОКРУГЛОСТЬ

$$\sqrt{\frac{4 \pi A}{P^2}}$$



Динамический анализ изображений - единственный источник данных о форме частиц

Такие параметры сыпучих материалов, как плотность, текучесть, сжимаемость и состояние поверхности, в немалой степени зависят от формы частиц. Эти параметры расцениваются как важный показатель качества в самых разных областях применения.

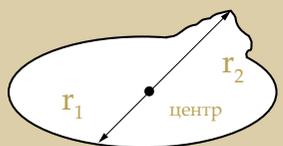
Примеры:

- Определение угловатости частиц абразивных материалов
- Анализ разбитых фракций гранулята
- Обнаружение слипшихся стеклянных гранул
- Анализ круглости частиц металлических и пластиковых порошков, используемых в аддитивном производстве (от этого параметра напрямую зависят текучесть и плотность упаковки)
- Измерение длины и диаметра кристаллов игольчатой формы
- Анализ круглости зерен песка для оценки его пригодности в качестве строительного материала или анализа его геологических свойств

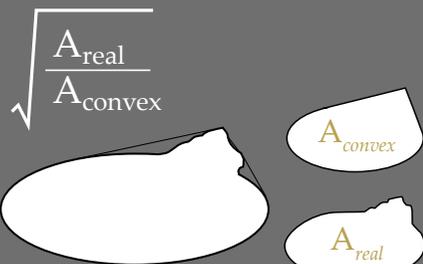
Анализ формы частиц выполняется по целому ряду параметров (см. рисунок слева), например отношение ширины к длине, округлость (т. е. отношение площади проекции к ее периметру), симметричность, выпуклость и компактность. Округлость частицы рассчитывается по форме краев ее проекции.

СИММЕТРИЧНОСТЬ

$$\frac{1}{2} \left[1 + \min \left(\frac{r_1}{r_2} \right) \right]$$

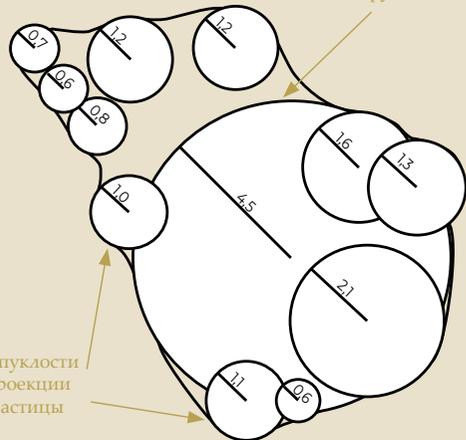


ВЫПУКЛОСТЬ



КРУГЛОСТЬ

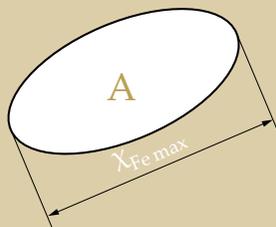
наибольший диаметр вписанной окружности



выпуклости проекции частицы

КОМПАКТНОСТЬ

$$\sqrt{\frac{4 A}{\pi \chi_{Fe \max}^2}}$$



- $\chi_{c \min}$ = Ширина
- $\chi_{Fe \max}$ = Длина
- A = Площадь
- U = Периметр

Среднее значение для радиусов всех окружностей, вписанных в выпуклости проекции частицы

Радиус вписанной окружности

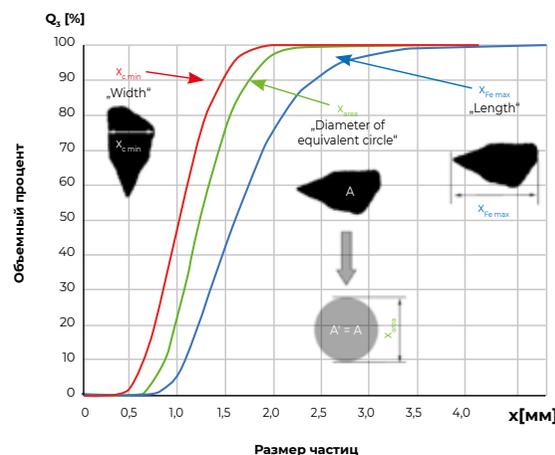
Сравнение с результатами лазерной дифракции и ситового анализа

Однозначно определить размер можно, только если частица имеет форму идеальной сферы, поскольку при любой ориентации частицы в пространстве и направлении, в котором выполняется измерение, измеряемый диаметр всегда будет одинаковым. Измеренные размеры частиц неправильной формы будут разными в зависимости от ориентации частицы и направления измерения. Рассмотрим пример ситового анализа, когда частицы рассеиваются на полотне каждого сита с разным размером ячеек, разделяясь на фракции.

Площадь наименьшей ячейки, через которую может пройти частица, считается наименьшей площадью поверхности частицы. Соответственно, при ситовом анализе измерение выполняется, когда частица принимает определенную ориентацию в пространстве, иначе говоря, этот метод позволяет получить данные преимущественно о ширине частицы.

При анализе методом лазерной дифракции частица условно считается идеальной сферой, диаметр которой измеряется. Только динамический анализ изображений позволяет обрабатывать целый набор параметров размера и формы частиц одновременно, а полученные результаты будут сопоставимы с результатами, полученными при помощи других методов.

Ключевое преимущество динамического анализа изображений - возможность измерять ширину и длину частиц и на основании полученных данных строить графики распределения частиц по размерам. Данные о ширине частицы (красная кривая) можно легко сопоставить с результатами ситового анализа.



Динамический анализ изображений позволяет изучать самые разные параметры размера и формы частиц

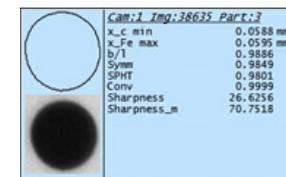
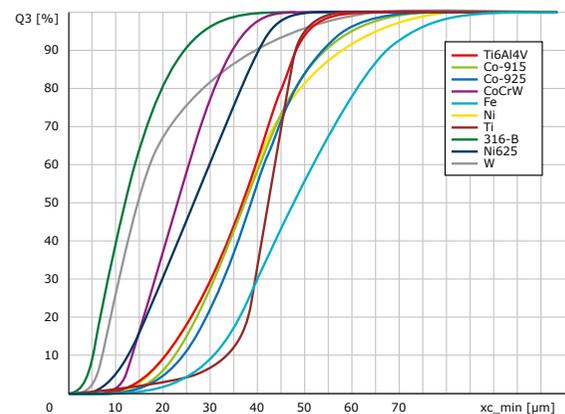
Что лучше - ситовой анализ, лазерная дифракция, статический или динамический анализ изображений?

Сравнение методов измерения

СОПОСТАВЛЯЕМЫЙ ПАРАМЕТР	Динамический анализ изображений (анализатор CAMSIZER X2)	СИТОВОЙ АНАЛИЗ	ЛАЗЕРНАЯ ДИФРАКЦИЯ	ОПТИЧЕСКИЙ МИКРОСКОП
Широкий динамический диапазон измерений	+++	++	+++	-
Воспроизводимость и повторяемость	+++	++	+++	-
Высокое разрешение для получения узкого распределения частиц по размерам	+++	-	-	+++
Анализ формы частиц	+++	-	-	+++
Принцип прямого измерения	+++	+++	-	+++
Возможность сопоставления результатов с измерениями, полученными другими методами	++	-	-	-
Надежное обнаружение негабаритных частиц	++	+++	-	-
Надежное и простое в использовании оборудование для проведения регулярного анализа	+++	+++	+++	-
Анализ отдельных частиц	++	-	-	+++
Высокая скорость измерения	+++	-	+++	-
диапазон измерения	0.8 мкм – 135 мм	10 мкм – 125 мм	10 нм – 5 мм	0.5 мкм – 1.5 мм

Порошковая металлургия

Технологии, применяемые в порошковой металлургии, требуют использования материалов со строго определенными свойствами. Так, в аддитивном производстве (например, селективная лазерная плавка) должно быть обеспечено равномерное распределение частиц по размерам, а сами частицы должны иметь сферическую форму. На примере показаны результаты измерений, полученные при помощи анализатора CAMSIZER X2, различных металлических порошков, исследуемых на предмет пригодности для использования в данной сфере. Обнаружение и подсчет частиц неправильной формы, а также слипшихся или разбитых частиц выполняется с высокой достоверностью. Также анализатор CAMSIZER X2 применяется для анализа металлических порошков со средним размером частиц <10 мкм, используемых в литье металлов под давлением.



Проекция сферической частицы металлического порошка



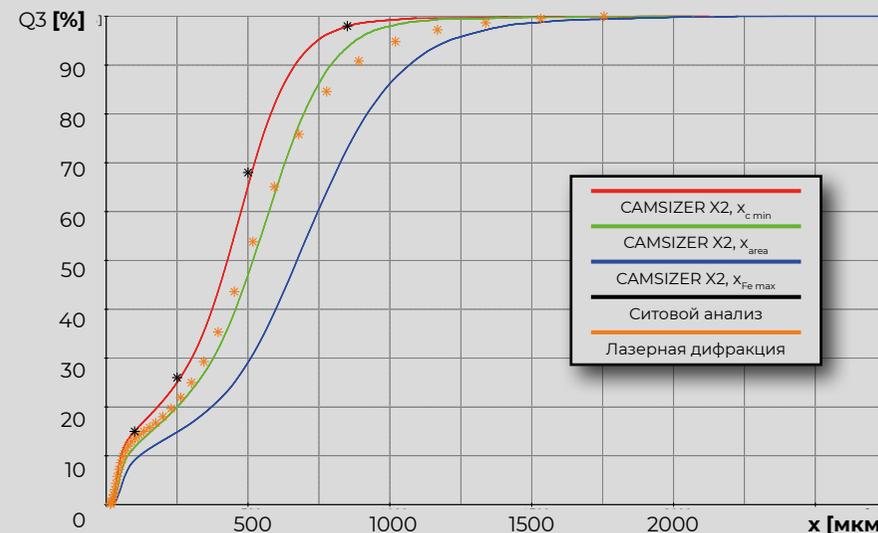
Надежное обнаружение частиц неправильной формы

Молотый кофе

Сравнение с результатами лазерной дифракции и ситового анализа

Распределение гранул молотого кофе по размерам влияет на эффективность экстрагирования и, соответственно, на вкус напитка. Различные виды молотого кофе (заварной, эспрессо и др.) отличаются разной степенью помола. Размер гранул может достигать 1 мм, при значительном содержании тонкой фракции. Такой диапазон измерения идеален для анализатора CAMSIZER X2.

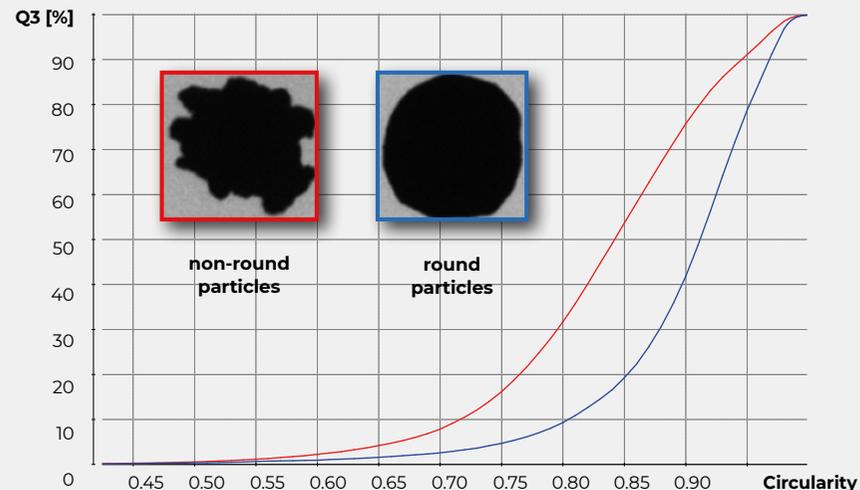
Анализатор CAMSIZER X2 позволяет быстро получить результаты, полностью сопоставимые с другими методами анализа, по которым можно оценить пригодность образца в отношении желаемой крупности. Корреляция с ситовым анализом выполняется по параметру x-c-min. При лазерной дифракции измеряется диаметр частицы, которая условно рассматривается как идеальная сфера. Таким образом, можно видеть, что сопоставимость результатов лучше всего прослеживается по параметру x-area.



Фармацевтическая и пищевая промышленность

Анализ гранул, активных веществ и добавок

Анализатор CAMSIZER X2 - идеальный инструмент для гранулометрического анализа различной фармацевтической продукции в форме порошков. Наиболее распространенная область применения - анализ различных таблеток и гранул в сухой среде при помощи картриджей X-Fall или X-Jet. Благодаря различным вариантам диспергирования, анализатор прекрасно подходит для работы с мелкокристаллическими или тонко измельченными активными веществами и добавками (например, целлюлоза или лимонная кислота). Для обеспечения соответствия требованиям свода федеральных нормативных актов США (раздел 21, часть 11) предусмотрен программный пакет "AuditTrailManager" в составе программного обеспечения CAMSIZER X2. На примере показаны результаты измерения двух типов гранул одинакового размера, но разной формы.

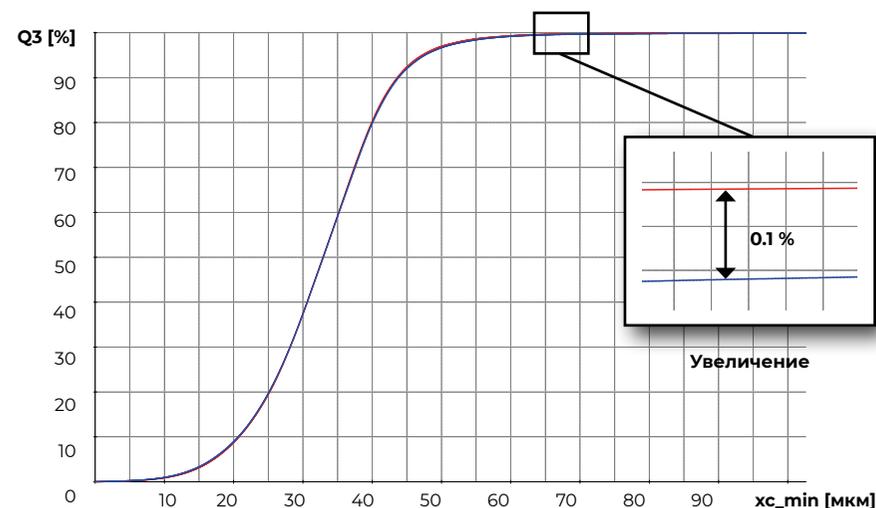


Минералы и строительные материалы

Анализ гранул, активных веществ и добавок

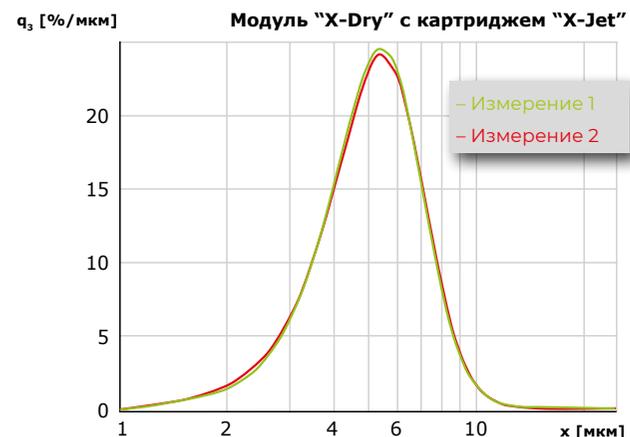
Анализатор CAMSIZER X2 прекрасно подходит для гранулометрического анализа различных минералов и керамики. Высокая производительность, точность и чувствительность обнаружения даже незначительных отклонений от стандартов - вот преимущества, которые делают анализатор CAMSIZER X2 идеальным решением для контроля качества.

Во многих областях применения достоверность обнаружения даже незначительных количеств негабаритных частиц. На примере рассмотрен образец тонко измельченного гипса с размером частиц <100 мкм, к которому примешано небольшое количество грубого порошка (массовая доля 0,1%). Анализатор CAMSIZER X2 определяет содержание негабаритных частиц с высокой достоверностью.



Гранулометрический анализ тонких порошков в сухой среде

Картридж X-Jet специально предназначен для анализа тонких порошков с высокой точностью и воспроизводимостью. На графике представлены результаты измерений мелкозернистого абразива карбида кремния (SiC), выполненные в нижнем пределе диапазона измерения анализатора CAMSIZER X2. Размеры частиц абразива колеблются в диапазоне от 1 до 12 мкм. Благодаря большой глубине резкости, наличию пульсирующих источников света большой яркости и малому времени выдержки анализатор может с высокой достоверностью обнаруживать даже быстро перемещающиеся частицы микронных размеров. Точное определение размеров частиц материала позволяет затем рассчитать оптимальное соотношение абразивных свойств и шероховатости поверхности.

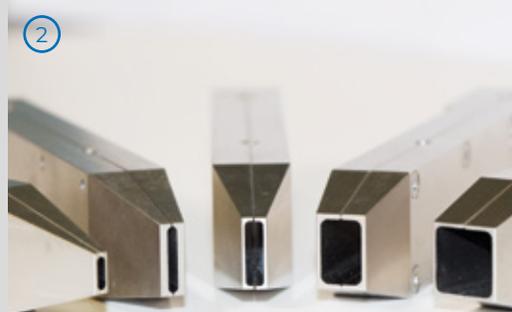


Принадлежности и опции

Выбор подходящей конфигурации для любой области применения

Компания Microtrac MRB предлагает широкий спектр загрузочных воронок и желобов (1) для нестандартных областей применения. Также мы предлагаем дисперсионные форсунки различных типоразмеров и кюветы, позволяющие подобрать подходящие условия для решения любой задачи (2).

Калибровка анализатора CAMSIZER X2 занимает всего одну минуту с использованием высокоточного калибровочного эталона (3). Для репрезентативного отбора проб порошков, гранулята и других сыпучих материалов предлагается линейка прободелителей (4).



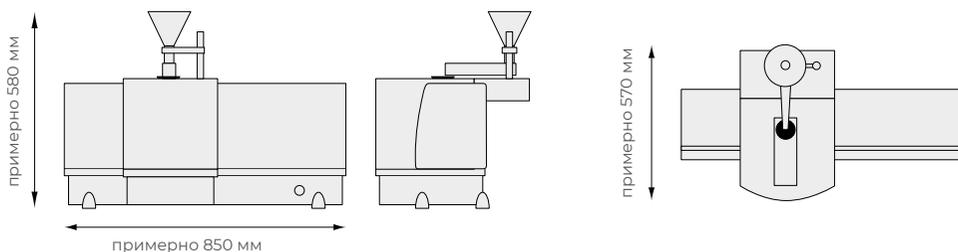
Коротко об анализаторе CAMSIZER X2

Технические характеристики

CAMSIZER® X2

Диапазоны измерений	Модуль "X-Dry" с картриджем "X-Fall"	от 10 мкм до 8 мм
	Модуль "X-Dry" с картриджем "X-Jet"	от 0,8 мкм до 5 мм
	Модуль "X-Flow"	от 0,8 мкм до 1 мм
Принцип измерения	Динамический анализ цифровых изображений (в соответствии со стандартом ISO 13322-2)	
Время измерения	примерно 1-3 мин (в зависимости от необходимой статистики измерения)	
Количество видеокамер	2	
Объем образца	<20 мг – 500 г (в зависимости от типа образца и режима измерения)	
Скорость измерения	>300 изображений/с.	
Ширина области измерений	примерно 20 x 20 мм	
Разрешение	0,8 мкм на пиксель	
Измеряемые параметры	Размер частиц	наименьший диаметр, длина, средний диаметр и т. д.
	Форма частиц	соотношение сторон (ширина/длина), симметричность, сферичность, выпуклость и т.д. (согласно ISO 9276-6)
Параметры оборудования	Габаритные размеры (В x Ш x Г)	примерно 580x850x570 мм
	Вес (без ПК)	примерно 50 кг
	Давление сжатого воздуха	примерно 6 бар
	Расход сжатого воздуха	примерно 25 - 140 л/мин (в зависимости от выбранного давления рассеивания)

Анализатор CAMSIZER X2 имеет маркировку CE и отвечает требованиям соответствующих норм и стандартов. В комплект поставки модуля "X-Dry" входит вытяжная система.



CAMSIZER P4

Анализатор частиц CAMSIZER P4 от компании Microtrac MRB предназначен для гранулометрического анализа сухих свободно текущих сыпучих материалов. Так же, как и у модели X2, в основе анализатора CAMSIZER P4 - запатентованная технология Dual Camera. Анализатор P4 выполняет измерение частиц в свободном падении (по принципу картриджа X-Fall); диапазон измерения от 20 мкм до 30 мм позволяет успешно заменить длительный ситовой анализ, результаты которого сильно зависят от ошибок персонала. Сочетание надежного оборудования и конфигурируемого программного обеспечения позволяет повысить производительность, свести к минимуму техническое обслуживание и обеспечить высокий уровень автоматизации. Для повышения производительности и снижения стоимости процесса анализатор CAMSIZER P4 может оснащаться системой автоматической загрузки образцов.

Для получения подробной информации посетите наш сайт: www.microtrac.com/camsizer-p4



MICROTRAC
MRB
PARTICLE CHARACTERIZATION

Microtrac MRB Russia
Verder Scientific LLC

ул. Бумажная, д.17 · 190020, г. Санкт-Петербург · Россия
Тел. (812) 777-11-07 · info@verder-scientific.ru

part of **VERDER**
scientific

www.microtrac.com