СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.
ЛАЗЕРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ WINNER

УДК: 543.07
ВАК: 02.00.02

Тябина И.В., ООО "РВС", tyabina@rvs-ltd.ru,
Шахнович О.А., ООО "ЛабПро Меда", rec-tech@mail.ru

Определение гранулометрического состава диспергируемых материалов имеет очень важное значение практически для любой отрасли науки и техники. Размеры частиц и их распределение по крупности влияют на реологические, тепловые и реакционно-кинетические характеристики, оптические и механические свойства. Размеры зерен и гранулометрический состав – один из факторов оценки запыленности воздуха, влияния аэрозолей на экологию и здоровье человека и выбора соответствующих средств борьбы и защиты. Диапазон размеров частиц при анализе гранулометрического состава охватывает более пяти порядков – от крупнозернистых материалов до коллоидов.

В статье дан обзор трех современных методов гранулометрического анализа – лазерной дифракции, динамического рассеяния света и динамического анализа изображений – на примере лазерных анализаторов компании Jinan Winner Particle Instrument Stock.

Дисперсные системы, представляющие собой механическую смесь частиц дисперсной фазы со средой-носителем, являются широко распространенным объектом как в природе, так и в повседневной деятельности человека. Обычно дисперсные системы подразделяют исходя из агрегатного состояния частиц дисперсной фазы и среды-носителя. Ряд дисперсных систем получил отдельные названия: аэрозоли – взвесь твердых или жидких частиц в газовой среде; эмульсии – жидкие частицы, стабилизированные защитными оболочками, в жидкой среде; коллоидные системы – дискретные частицы, капли или пузырьки дисперсной фазы, имеющие размер хотя бы в одном из измерений от 1 до 100 нм; астрозоли – твердые или жидкие частицы в вакууме; суспензии – дисперсные системы, состоящие из частиц твердого вещества, распределенных в жидкой среде. По степени дисперсности обычно выделяют грубодисперсные системы, размер частиц в которых превышает 1 мкм, и ультрадисперсные системы – с размером частиц менее 1 мкм, их называют также высокодисперсными. Практически все свойства частиц дисперсной системы определяются их размером. Поэтому от этого параметра напрямую зависит качество и эксплуатационные свойства самого широкого круга материалов, так или иначе связанных с дисперсными состояниями, а гранулометрический анализ – измерение распределений частиц по размерам в различных средах – является одним из важнейших элементов в современных научно-исследовательских разработках и на производстве. Гранулометрический анализ широко применим для измерений самого широкого спектра порошковых и гранулированных материалов – от лекарственных препаратов и сухих пищевых добавок до металлов и полимеров с заданными свойствами.

Наиболее распространенными методами анализа частиц по размерам являются динамический анализ изображений, статическое лазерное рассеяние света, также называемое лазерной дифракцией, динамическое рассеяние света и традиционный ситовый анализ. Каждый метод охватывает характерный диапазон размеров, в пределах которого возможно измерение. Эти диапазоны частично перекрываются, при этом результаты измерения одного и того же образца могут значительно отличаться.

Современная инструментальная реализация трех из перечисленных методов – лазерные анализаторы размера частиц, которые отличаются высокой производительностью и точностью и решают практически любые задачи в обсуждаемой области. Благодаря новейшим методическим разработкам лазерные анализаторы последнего поколения способны работать с самым широким спектром материалов, анализ частиц которых до недавнего времени был недоступен. Приборы широко применяются для контроля качества продукции в порошковой металлургии, пищевой и алюминиевой промышленности, произ-

DOI: 10.32757/2619-0923.2023.2.24.48.56

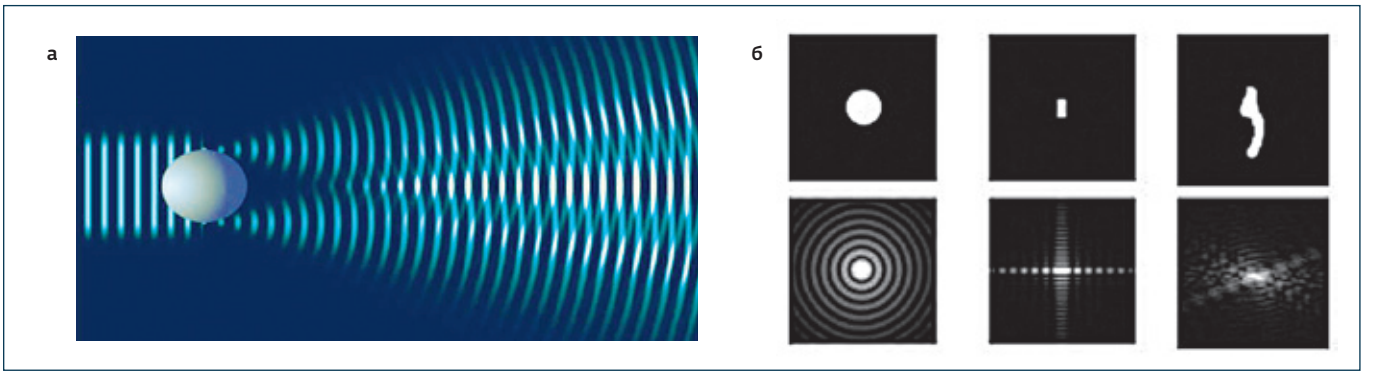

Рис.1. *Лазерная дифракция. Угловое распределение интенсивности напрямую зависит от размера частиц (а). На диаграмму рассеяния влияет форма образца (б)*

водстве цементов, абразивных материалов и керамики, а также для контроля технологических процессов и проведения исследований в медицине, биологии, экологии и других научных областях, где требуется точно и быстро проводить гранулометрический анализ.

Китайская компания Jinan Winner Particle Instrument Stock специализируется на разработке и производстве лазерных анализаторов размера частиц с 1985 г., когда профессор Цзинаньского университета (Jinan University) Чжунцзин Рен (Zhongjing Ren) создал первый в Китае лазерный онлайн-анализатор частиц цемента. Проект был настолько успешным, что в Китае его включили в список Седьмого национального пятилетнего плана исследований. Чжунцзин Рен – генеральный менеджер и бессменный научный руководитель компании Jinan Winner Particle Instrument Stock, уже более 30 лет занимается теоретическими и технологическими исследованиями в области лазерного анализа частиц. Он возглавлял четыре успешных национальных научно-технологических проекта, опубликованные им статьи, а их более 60, цитируются во всем мире. Поэтому вот уже почти 40 лет компания Jinan Winner Particle Instrument Stock непрерывно повышает свои технологические и производственные компетенции в области разработки инструментов для гранулометрического анализа. На предприятии работает самая мощная в отрасли научно-исследовательская группа из 10 инженеров-программистов и 15 инженеров-механиков, а также эффективная производственная команда. Сегодня под брендом Winner выпускается широкий спектр оборудования для самых различных задач. Jinan Winner Particle Instrument Stock прошла сертификации CE, системы качества ISO9001 и FDA, а ее продукция отвечает самым высоким современным требованиям к приборам данного класса.

МЕТОД ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКЦИИ

Статическое рассеяние света, более известное как лазерная дифракция, используется для определения размера частиц в микронном и субмикронном диапазонах. Техника лазерной дифракции основана на явлении рассеяния света частицами во всех направлениях. Угловое распределение интенсивности такого рассеяния напрямую зависит от размеров частиц. Лазерная дифракция применима к частицам диаметром от 10 нм до нескольких миллиметров, т.е. для большинства случаев для образцов с диаметром в диапазоне 100 нм – 3000 мкм. (рис.1а)

Образец, диаметр частиц которого необходимо измерить, диспергируется до соответствующей концентрации в подходящей жидкости или в газе. Далее через дисперсную среду с образцом пропускается пучок монохроматического источника света – лазера. Свет, рассеянный частицами под различными углами, попадает на многоэлементный детектор. Затем распределение интенсивности рассеяния с использованием соответствующей оптической модели и математической процедуры преобразовывается в объемное распределение размеров частиц. Помимо размера частиц, на диаграмму рассеяния влияют форма и оптические свойства образца (рис.1б). Поскольку распределение интенсивности рассеяния, измеряемое с помощью детекторов, является более или менее постоянным в течение времени, эта методика известна как анализ размеров частиц с помощью статического рассеяния света.

Технология дифракционного измерения реализуется на принципе рассеяния Ми. Название дано в честь немецкого ученого Густава Ми, еще в 1908 г. создавшего стройную математическую теорию рассеяния электромагнитных волн на изотропных сферических частицах любого размера с различными

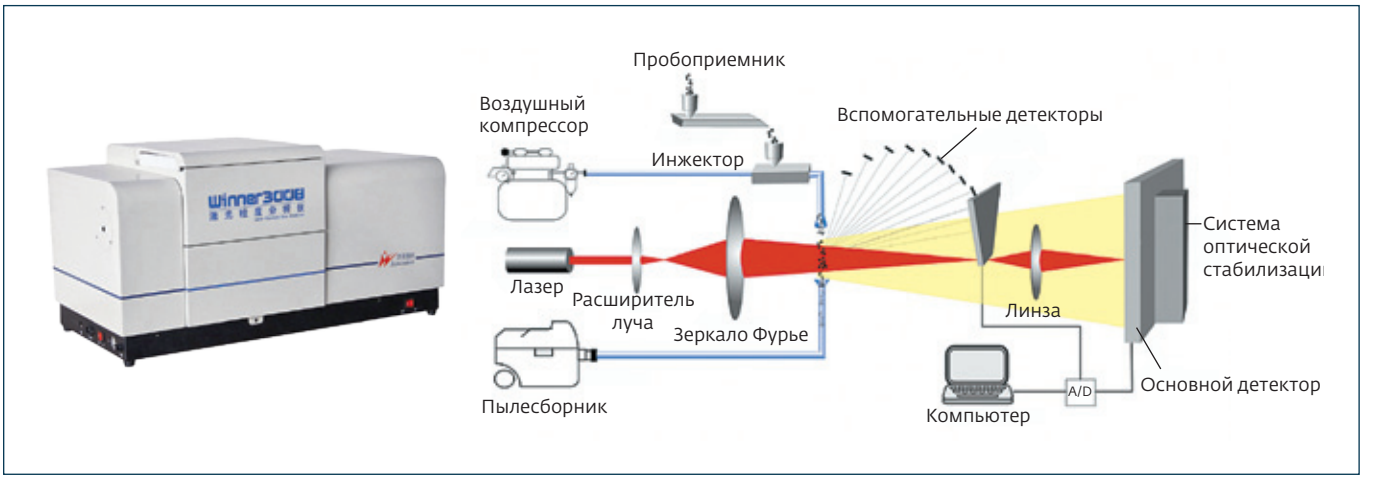

Рис.2. *Анализатор размера частиц Winner 3008, справа – схема прибора*

показателями преломления. Теория Ми обеспечивает строгое решение, которое подходит для всех размеров сфер. Диаграмму рассеяния излучения на частице можно описать по всему угловому диапазону от 0 до 360° в зависимости от амплитуды, длины волны и поляризации. При рассеянии Ми на некотором расстоянии от частицы в направлении падающего света создается дифракционная картина, зависящая только от размера частицы и длины волны падающего света, что и позволяет получить наиболее достоверную информацию о размерах исследуемых частиц.

Основное преимущество метода лазерной дифракции – скорость измерения и простота в использовании. Анализ может длиться всего одну минуту с минимальным контролем над процессом, точностью до ±0,6% и воспроизводимостью ±0,1% для среднего размера стандарта. Это значимо влияет на производительность и качество работы лабораторий, исследующих большое количество образцов. Немаловажна также возможность проведения как сухого, так и мокрого анализа с минимальной подготовкой проб.

Еще одно несомненное достоинство метода – малое количество пробы. В некоторых случаях доступно измерение образца массой несколько миллиграмм или несколько сотен микролитров. Таким образом, метод подходит для научных исследований, т.е. для тех случаев, когда количество образца ограничено либо его изготовление требует больших материальных затрат. Проведение обслуживания анализаторов размера частиц методом лазерной дифракции, как правило, не требует высокой квалификации персонала.

Тем не менее стоит учитывать, что метод трудноприменим, если пробу невозможно качественно диспергировать в текучей среде, например в случае образования вязких агломератов. Кроме того, желательно, чтобы был известен показатель преломления образца, особенно для частиц размером менее 50 мкм. Для частиц менее 2 мкм знание показателя преломления обязательно. Обнаружение очень низкой концентрации мелких частиц может быть затруднительным в присутствии относительно больших частиц со значительно более высокой концентрацией. Результаты для несферических частиц, особенно для частиц с очень большими пропорциями, могут существенно отличаться от результатов, полученных с помощью других методов.

WINNER 3008

Одна из наиболее успешных разработок компании Jinan Winner Particle Instrument Stock в области лазерной дифракции – Winner 3008, интеллектуальный, полностью автоматический прибор пятого поколения для измерения воздушных дисперсий сухих порошков (рис.2). Анализатор широко используется при производстве цемента, керамики, лекарств, красителей, химических продуктов, катализаторов, пыли, добавок, пестицидов, взрывчатых веществ, графита, светочувствительных материалов, топлива, металлических порошков, карбоната кальция, каолина и др. Иными словами, анализатор подходит для работы практически с любыми материалами, но особенно незаменим для измерения порошков, которые вступают в химическую реакцию с водой или меняют форму в жидкости. При этом точность и воспроизводимость результатов измерений сопоставимы с мокрым анализом, а диапазон размеров частиц составляет от 0,1 до 2000 мкм.

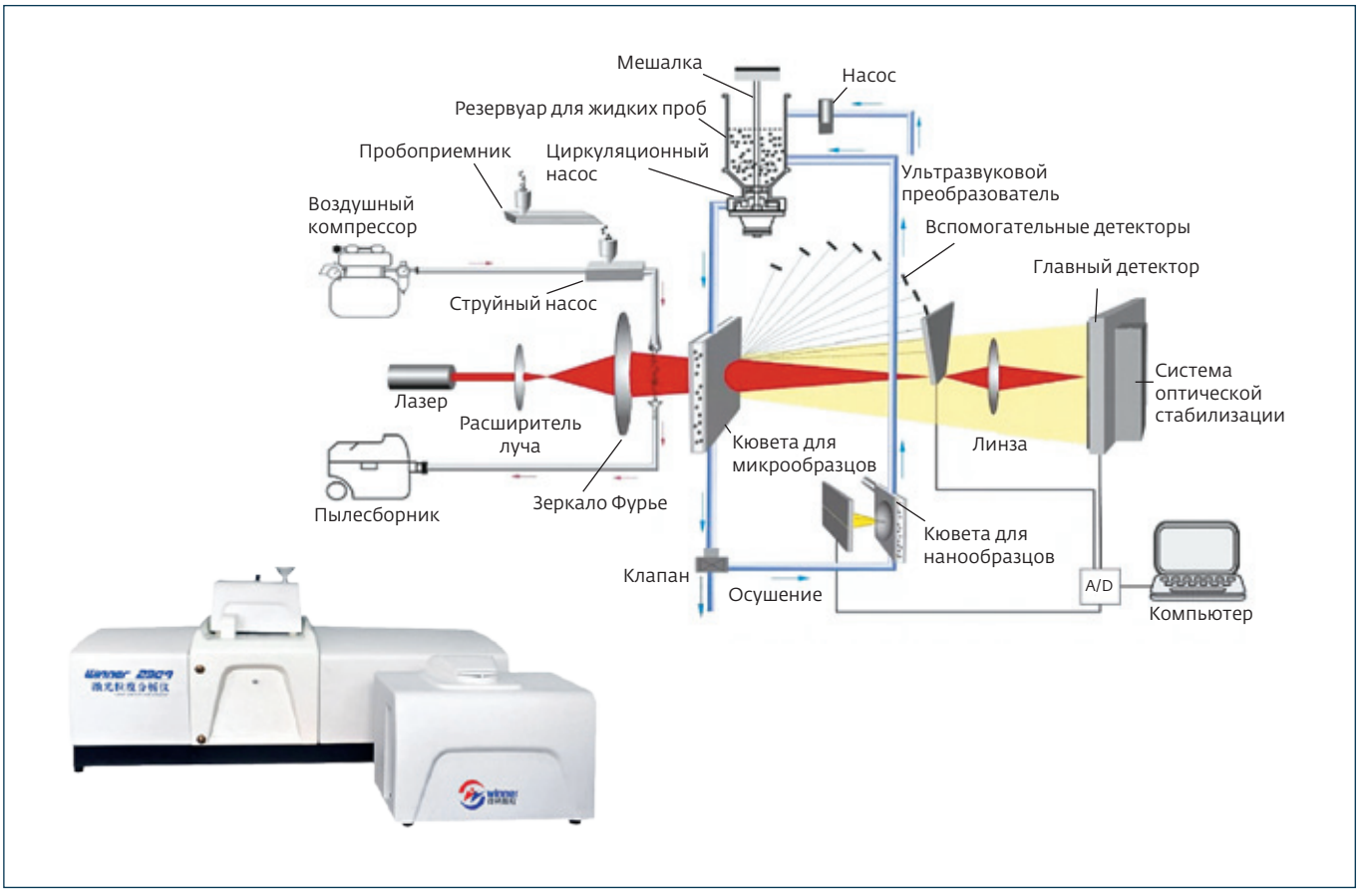

Рис.3. *Схема лазерного анализатора размера частиц Winner 2309, внизу – внешний вид прибора*

Оптическая конструкция анализаторов Winner построена по запатентованной схеме обратной оптики Фурье, со сходящимся лучом. Высокостабильный гелий-неоновый лазер и высокочувствительный кольцевой фотодетектор гарантируют хорошую воспроизводимость и точность во всем диапазоне измерений (рис.2).

Оптическая система прибора очень чувствительна, лазерный луч легко сместить или скрутить из-за механической вибрации, теплового расширения и сжатия, неровной поверхности стола или вибрации во время транспортировки. Отклонение от центра может привести к невозможности обнаружить сигнал рассеянного света, генерируемый крупными частицами, что приведет к ошибочным результатам, поэтому необходимо выполнять выравнивание оптического пути перед измерением. Благодаря запатентованной технологии трехмерной автоматической системы центрирования, перемещающейся с микронной точностью, центральная точка детектора и фокус линзы оптического пути прецизионно совмещены в любой момент измерений.

Запатентованная технология турбулентного диспергирования обеспечивает качественное распределение частиц, а высокопрочная керамика повышает срок службы распылительной системы.

Прибор может работать в полностью автоматическом режиме, но при необходимости его легко переключить на ручное управление. Программное обеспечение включает интеллектуальную статистическую обработку и анализ данных по широкому спектру параметров. Кроме того, программный интерфейс позволяет разрабатывать выходные данные и формы отображения отчета об испытаниях в соответствии с отраслевыми требованиями.

WINNER 2309

Еще одно широко востребованное решение компании – полностью автоматический интеллектуальный анализатор размеров частиц Winner 2309 (рис.3), объединяющий в одном инструменте интегрированные системы мокрой и сухой пробоподготовки. Это идеальный универсальный прибор для отделов контроля качества промышленных производств

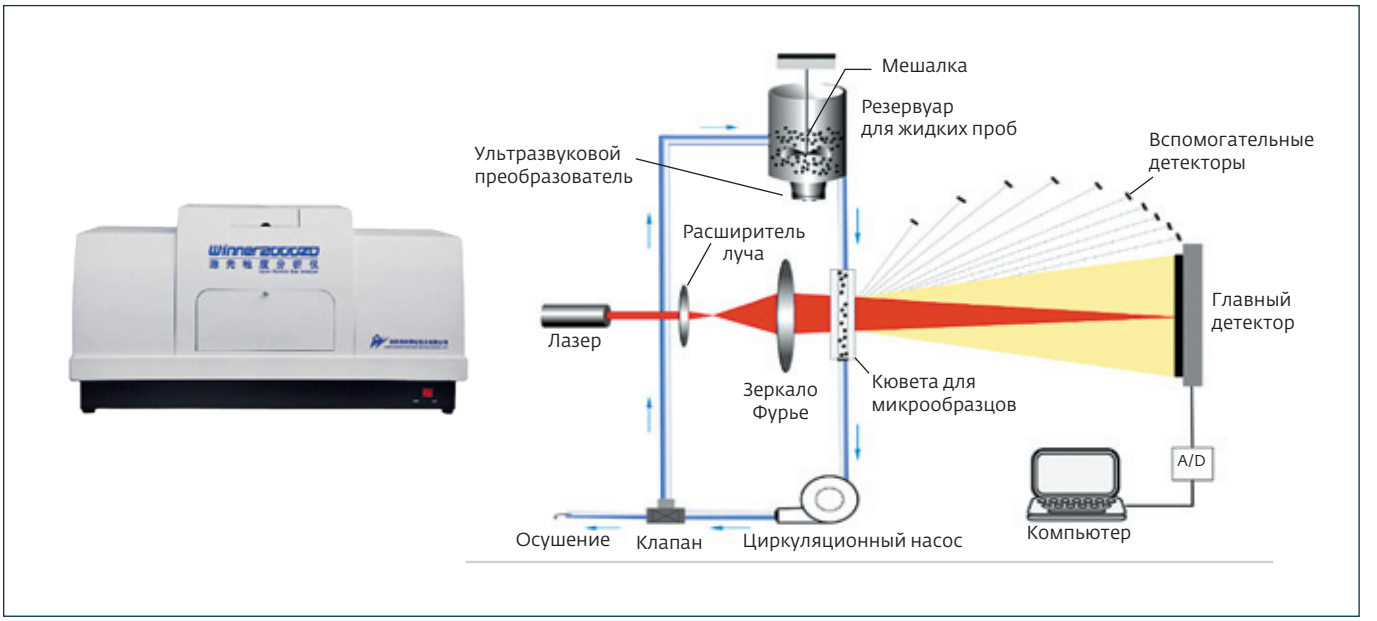

Рис.4. *Интеллектуальный лазерный анализатор размера частиц Winner 2000ZDE, справа – схема прибора*

и научно-исследовательских учреждений, которым приходится работать с пробами различной природы, имеющими широкое распределение по размерам частиц. Диапазон измеряемых частиц для мокрого анализа составляет 0,01–2000 мкм, сухого – 0,1–2000 мкм.

Запатентованный оптический тракт, состоящий из основного и вспомогательного лазеров и системы многоканального детектирования, расширяет диапазон измерений без потери точности и воспроизводимости результатов за счет увеличения угла рассеяния с 45 до 135°, а автоматическая система выравнивания оптического пути поддерживает оптимальные настройки для стабильности измерений (см.рис.3).

Встроенный блок мокрого диспергирования, объединяющий механическое перемешивание, ультразвуковое диспергирование и циркуляцию, обеспечивает максимально равномерное распределение частиц, что гарантирует репрезентативность результатов.

В сухом диспергирующем устройстве запатентована технология рассеивания сухой турбулентности. Методом сдвига нормальной ударной волны осуществляется диспергирование даже стойких агломератов, что обеспечивает хорошую сходимость результатов.

Прибор может работать как в полностью автоматическом, так и в ручном режиме. Программное обеспечение предусматривает широкие возможности обработки данных по выбранным пользователем параметрам с максимально достоверными результатами.

WINNER 2000ZDE

Интеллектуальный лазерный анализатор размера частиц начального уровня с жидким диспергированием проб Winner2000ZDE (рис.4) создан для эффективного решения гранулометрических задач лабораторий предприятий, колледжей, университетов и научно-исследовательских институтов. Диапазон измерений составляет 0,1–300 мкм.

В приборе реализовано управление одним ключом и предусмотрены автоматическое выравнивание оптического тракта, подача воды, дренаж, удаление пузырьков, ультразвуковое рассеивание, очистка и т.д. Полностью встроенная система отбора проб эффективно предотвращает проблемы с осаждением крупных частиц в циркуляционном трубопроводе и обеспечивает хорошую точность. В приборе реализован комплексный принцип измерения размера частиц методом лазерной дифракции с высокочувствительным кольцевым фотоэлектрическим детектором для максимальной точности измерений. Благодаря анализу в различных режимах (свободное распределение, R-R распределение, логарифмическое нормальное распределение, классификация по числу ячеек, и др.), статистическим методам распределения по объему и количественного распределения, а также возможности сравнения результатов измерений по различным параметрам анализатор удов-

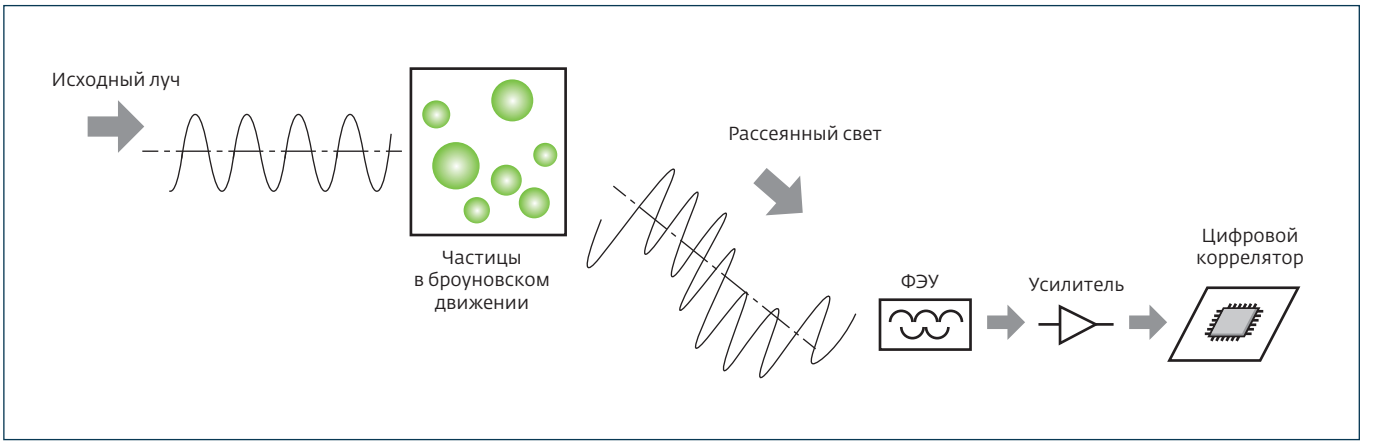

Рис.5. *Схема лазерного анализа размера частиц, построенного на методе динамического рассеяния света*

летворяет требованиям к гранулометрическому анализу в строгом соответствии с различными отраслевыми стандартами и требованиям исследовательских задач.

МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

Динамическое рассеяние света, или фотонная корреляционная спектроскопия, используется для определения размеров субмикронных и наночастиц в диапазоне 1–1000 нм (в большинстве случаев до 100 нм). Взвешенные субмикронные и наночастицы в результате взаимодействия с молекулами жидкости находятся в постоянном броуновском движении. Это явление впервые было описано шотландским ботаником Робертом Броуном, а в 1905 г. профессор Альберт Эйнштейн исследовал броуновское движение и пришел к теоретическому обоснованию связи между броуновским движением и размером частиц.

В теории Стокса–Эйнштейна о броуновском движении частицы очень низкой концентрации описываются вязкостью, температурой суспензии и размером. Соответственно, по скорости движения частиц в жидкости с известной температурой и вязкостью можно определить их размер. При низких концентрациях определяется гидродинамический размер частиц, при высоких – преобладает взаимодействие частиц между собой и многократное рассеяние. Это означает, что может быть измерен только видимый размер частиц. Вместе с тем многократное рассеяние может быть подавлено измерительной системой.

В анализаторах динамического рассеяния света взвешенные частицы освещаются источником когерентного излучения. Свет, рассеянный движущимися взвешенными частицами, имеет изменяемую во времени фазу – фазовое смещение или спектральный сдвиг частоты света относительно центральной частоты источника. Измерение оптических фазовых сдвигов используется для определения размеров частиц (рис.5).

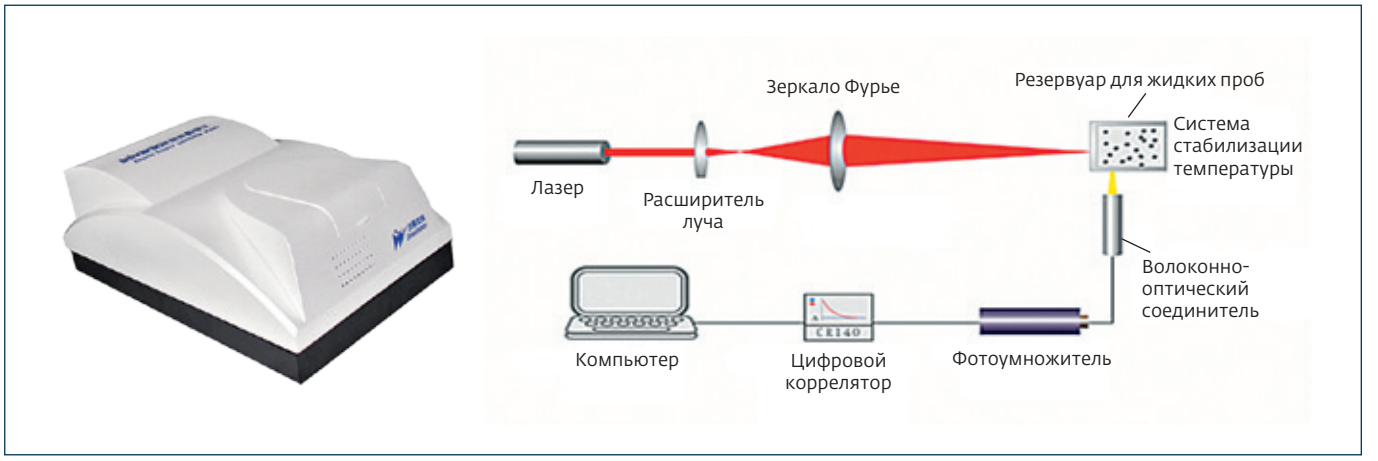

Рис.6. *Анализатор размера наночастиц Winner 803, справа - схема прибора*

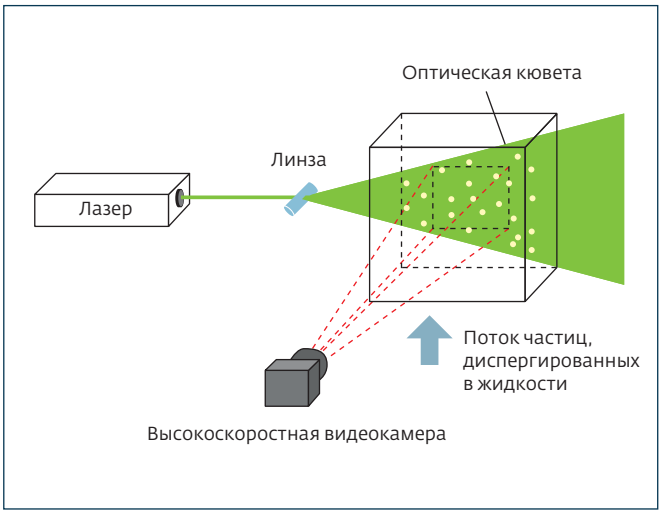

Рис.7. *Измерение частиц методом динамического анализа изображений*

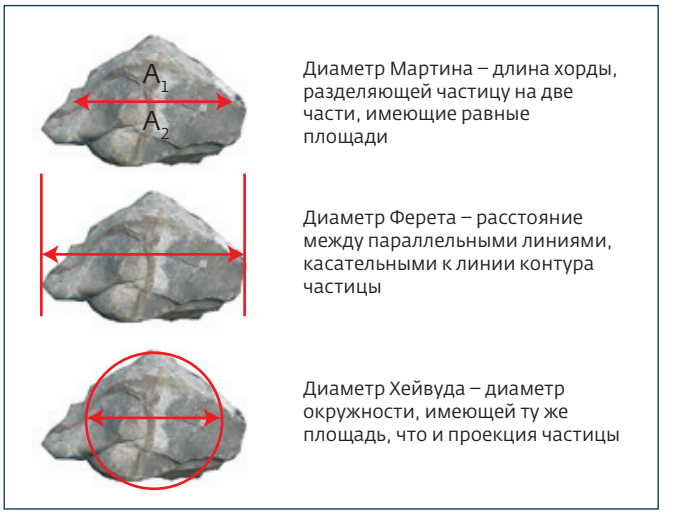

Рис.8. *Модели формы частиц (эквивалентные диаметры) – значимые*

Следует учитывать, что уравнение Стокса–Эйнштейна справедливо для сферических частиц, взвешенных в жидкости при очень низкой концентрации. Таким образом, оно не подходит для образцов, в которых можно наблюдать осаждение, даже если частицы имеют размеры нанометрового порядка. Кроме того, существуют условия, которые препятствуют свободному случайному движению частиц: для этого метода измерения не подходят образцы с очень высокими показателями вязкости.

Благодаря достаточно высокой скорости измерения обеспечивается высокая пропускная способность. Таким образом, данный метод особенно полезен для быстрой оценки размера, например в фармацевтических исследованиях. Метод обеспечивает хорошую точность и повторяемость (стандартное отклонение) в пределах ±2% среднего размера частиц стандарта полимера. Для измерений требуется минимальное количество образца – от 50 мкл. К преимуществам можно также отнести простое обслуживание приборов и низкую стоимость владения и эксплуатации.

В то же время следует учитывать, что метод динамического рассеяния света не позволяет проводить сухое измерение – частицы образца нужно диспергировать в жидкости, причем в концентрации не выше, чем несколько процентов. При проведении анализа необходимо знать температуру, а также зависящую от нее вязкость. Это может быть некоторой проблемой для смеси растворителей. Вязкость жидкости не должна быть слишком высокой: как правило, не более 3 Па·с. Крупные частицы пыли или агломератов будут препятствовать корректному измерению, поэтому в таких случаях необходима фильтрация. Результаты, полученные с помощью метода динамического рассеяния света, могут отличаться от значений, полученных методом визуализации.

WINNER 803

Анализатор размера наночастиц Winner 803 (рис.6) с двухволновым лазерным источником и диапазоном измерения: 1–10 000 нм (в зависимости от пробы) широко используется в различных производственных компаниях, а также в исследовательских лабораториях университетов для гранулометрического анализа нано- и субмикронных порошковых и дисперсных материалов: металлов и их оксидов, керамики, пигментов, белков, полимерного латекса, фармацевтических препаратов, водно-масляных эмульсий, краски, чернил, тонеров, косметического сырья и др. Анализатор отличается быстрым вычислением, высоким разрешением, хорошей точностью и повторяемостью. Прибор особенно подходит для анализа распределения по размерам цветных частиц.

В оптической системе прибора установлен двухволновой лазер (λ=450 нм, λ=532 нм), что позволяет уверенно измерять образцы, которые не могут быть обнаружены традиционным одноволновым лазером. В анализаторе используется японский фотоумножитель (ФЭУ) фирмы HAMAMATSU в тандеме с высокоскоростным коррелятором собственного производства. Система обнаружения корреляционного спектра отличается не только небольшими размерами, но и высокой помехозащищенностью, что обеспечивает стабильность и высокое качество измерений.

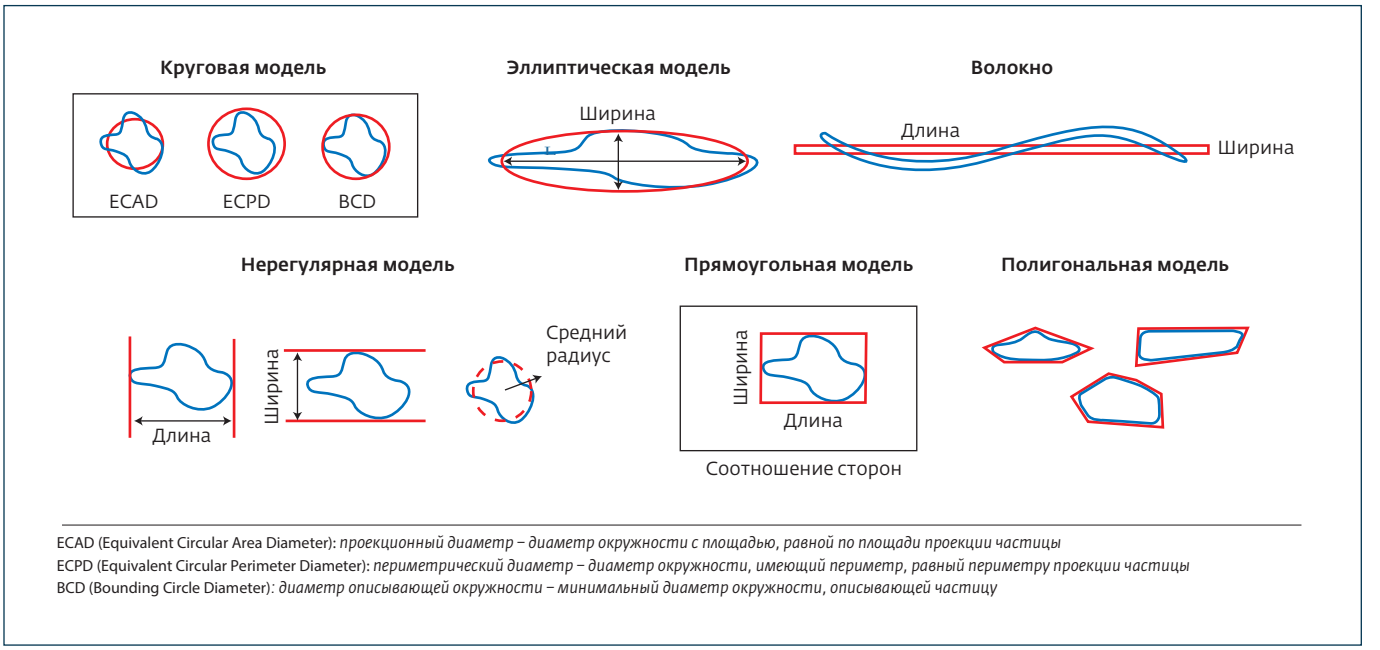

Рис.9. *Геометрические параметры частиц, которые определяют методом динамического анализа изображений*

Поскольку температура влияет на вязкость жидкости и скорость броуновского движения, прецизионный температурный контроль в пределах ±0,1 °C на протяжении всего процесса предотвращает ошибки измерения.

МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Метод динамического анализа изображений – это визуальный метод, основанный на пропускании света через систему взвешенных частиц, проходящих в потоке через тонкую проточную ячейку, и измерении полученных изображений. Съемка ведется камерой высокого разрешения со скоростью нескольких тысяч кадров в секунду, что позволяет создать статистически значимую выборку данных по размерам частиц в течение нескольких минут (рис.7).

При динамическом анализе изображений частицы наблюдаются непосредственно, а их линейные размеры измеряются без каких-либо допущений. Специальные размеры (эквивалентные диаметры) (рис.8), которые могут быть определены этим методом, позволяют получить множество геометрических характеристик частицы.

Поскольку эквивалентные диаметры имеют различные численные значения, если только образец не представляет собой набор идеальных сфер, метод позволяет выбирать наиболее подходящую для пробы или поставленной задачи

Рис.10. *Анализатор динамического изображения частиц Winner 300D*

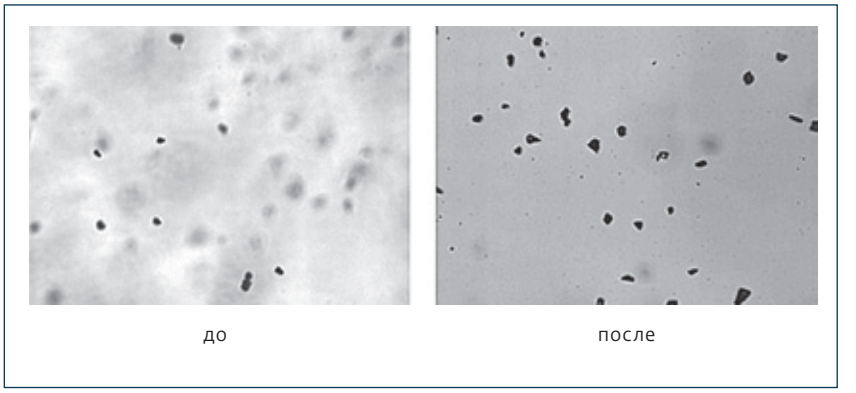

Рис.11. *Новая технология позволяет получать максимально четкие изображения*

модель формы частицы и определять параметры на ее основании. Например, если частицы проходят через сопло или сужение, наиболее важной характеристикой будет диаметр Ферета, так как он позволяет оценить внешние габариты частицы. Помимо указанных, есть и другие характеристики, которые могут быть определены по двухмерному изображению (рис.9). Привлекательность метода очевидна, поскольку позволяет определять форму, компактность, выпуклость, соотношение сторон, гладкость частиц и др. Комбинация данных о размерах и форме особенно полезна при исследовании текучести порошков, истираемости, плотности упаковки, скорости осаждения, дисперсности/гомогенности, компактности и уровня загрязнения. Визуальные данные также используются при калибровке инструментов, комплементарных по методу динамическому рассеянию света, если форма частиц может влиять на точность измерений. Так, динамический анализ изображений хорошо дополняет метод лазерной дифракции.

На динамический анализ изображений не влияют свойства частиц, поэтому он используется в том числе и для анализа многокомпонентных смесей. Метод позволяет различать и определять количественно прозрачность частиц. Кроме того, метод очень чувствителен даже к небольшим изменениям количества присутствующих очень мелких или крупных частиц.

Слабое место динамического анализа изображений состоит в том, что фотоизображения – это двухмерные проекции трехмерных форм, поэтому важным фактором становится ориентация частиц. Автоматическая выборка изображений с нужной ориентацией частиц для получения корректного распределения по размеру является одним из способов решения этой проблемы и позволяет повысить надежность получаемых данных.

WINNER 300D

Эксклюзивный анализатор изображения частиц Winner 300D (рис.10), предназначен для анализа сухих и текучих порошкообразных материалов: пластмасс, катализаторов, абразивов, углеродных продуктов, песка, угля, кофе, огнеупоров, пищевых продуктов, полистиролов, стекла, керамики, удобрений, лекарств, металлических порошков, цементов, руд и т.д.

Основные характеристики прибора:

- максимальное разрешение – 3000×2000;
- частота кадров – 350 кадров/с;
- время экспозиции – 5 мкс;
- время измерения – 2–3 мин, в зависимости от свойств образца и количества подаваемой пробы.

Новая технология, сочетающая широкое поле, большую глубину светового пути и максимально плоскую, ограниченную в размерах проточную ячейку, позволяет получать гораздо более четкие изображения (рис.11).

Прибор анализирует распределение частиц по размерам и морфологии в диапазоне от 5 до 3000 мкм в соответствии с международным стандартом: ISO/DIS-13322-2. Анализатор дифференцирует частицы по эквивалентному диаметру по площади, эквивалентному диаметру по окружности, внутреннему диаметру, площади проекции, линейным размерам, оценке площади поверхности и объема, тангенсу X, тангенсу Y, диаметру тангенса, сферическому соотношению сторон.

По сравнению со статическим методом пробоподготовки Winner 300D может измерять массивные частицы, что имеет большое значение для репрезентативности данных. Устройство для онлайн-отбора проб позволяет тестировать образцы в режиме реального времени и получать данные о состоянии исследуемого материала в разные периоды.

Функции программного обеспечения Winner 300D делают эксплуатацию прибора эффективной и удобной для пользователя. В ПО предусмотрены:

- сбор и сохранение в памяти видео и изображений;
- калибровка масштаба – фактическое значение размера может быть получено непосредственно на изображении;
- режим пакетной обработки, который позволяет проводить анализ непосредственно во время сбора данных без ограничения памяти и получать более точные результаты за счет обработки большого количества изображений;
- режим динамической обработки для анализа образцов в потоке;
- 12 параметров автоматической обработки – устранение слипания, разнородных точек, неполных граничных частиц, заполнение полых областей частиц, сглаживание краев и т.д.

Пользовательский отчет формируется по выбранным параметрам в соответствии с решаемой задачей и отраслевыми требованиями.

* * * *

В настоящее время лазерные анализаторы размеров частиц Winner проходят процедуру регистрации в Государственном реестре средств измерений РФ. Официальным партнером Jinan Winner Particle Instrument Stock на территории РФ является компания "РВС", специалисты которой имеют многолетний опыт работы с данным классом оборудования и готовы предложить помощь в выборе наиболее эффективного инструмента под ваши задачи, а также всю необходимую техническую и методическую поддержку. ■

РВС

Официальный поставщик
современной лабораторной техники

ЛАЗЕРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЧАСТИЦ WINNER

WINNER 3009

широкополосный анализатор размера частиц

Интеллектуальный анализатор с ручным/полностью автоматическим режимами работы для любых сухих порошкообразных материалов, в т.ч. для порошков, вступающих в химическую реакцию с водой или меняющих форму в жидкости.
Качество измерений, сопоставимое с влажным анализом.
Турбулентное диспергирование с высокоточным подающим устройством.
Запатентованные насос для распыления порошка и безмасляный бесшумный источник газа для полного диспергирования.

Сухой анализ
Диапазон измерений: 0,1–2000 мкм

WINNER 2018

автоматический лазерный анализатор размера частиц

Управление одним ключом: автоматические тестирование, выравнивание, подача воды, дренаж, удаление пузырьков, ультразвуковое рассеивание, очистка и т.д.
Встроенная система отбора проб для предотвращения осаждения крупных частиц в циркуляционном трубопроводе. Высокая воспроизводимость и точность измерений.
Комплексный принцип измерения размера частиц лазерной дифракцией с высокочувствительным кольцевым фотоэлектрическим детектором с преобразованием Фурье.

Мокрый анализ
Диапазон измерений: 0,1–450 мкм

WINNER 2308

интеллектуальный лазерный анализатор размера частиц

Интеллектуальный полностью автоматический анализатор на основе лазерной дифракции обеспечивает надежный и воспроизводимый анализ размера частиц порошков и суспензий для самого широкого спектра применений.
Двухлучевые и многоспектральные системы обнаружения, а также технология тестирования бокового рассеяния света, значительно повышают точность и производительность измерений.

Сухой/мокрый анализ
Диапазон измерений:
0,1–2000 мкм/0,01–2000 мкм
соответственно

WINNER 803

анализатор размера наночастиц с двойным лазерным динамическим светорассеиванием

Использует высокопроизводительный японский фотоумножитель HAMAMATSU и высокоскоростной цифровой коррелятор собственной разработки.

Отличается быстрым вычислением, высоким разрешением, хорошей точностью и повторяемостью. Максимально эффективен для тестирования распределения по размерам цветных частиц.

Сухой анализ
Диапазон измерений: 1–10000 нм

WINNER 2000ZDE

интеллектуальный лазерный

Автоматические выравнивание светового пути, подача воды, удаление пузырьков, диспергирование образца, слив, очистка. Встроенная система диспергирования предотвращает осаждение крупных частиц в трубках, повышая точность измерений. Высокочувствительный кольцевой фотоэлектрический детектор значительно повышает точность измерений. В ПО реализована уникальная методика неограниченной аппроксимации данных, предназначеная для анализа распределения частиц неизвестного размера.

Мокрый анализ
Диапазон измерений: 0,1–300 мкм

rvs-ltd.ru
8 (800) 550 6707
8 (812) 320 6707, 8 (812) 786 9516
post@rvs-ltd.ru
190020, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Бумажная, д. 17