

СТАНДАРТ ИСО 14644-9

ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ КОНТРОЛИРУЕМЫЕ СРЕДЫ

Часть 9: Классификация чистоты поверхности по концентрации частиц

Уважаемые читатели, по уже установившейся практике, мы стараемся знакомить специалистов с самыми последними нормативными документами, касающимися технологической чистоты. В этом номере мы публикуем перевод нескольких разделов 9-ой части стандарта ISO 14644, посвященной классификации чистоты поверхностей. Это совершенно новая тематика, в отличие от стандартов ISO 14644 (Части 1 – 8), а также стандарта ISO 14698 (Части 1 и 2) (биозагрязнения), которые касались чистоты окружающей среды в отношении аэрозольных загрязнений в виде частиц и химических веществ.

Новый документ является предстандартом – окончательной редакцией (final draft) и, хотя возможно, в окончательной редакции мы увидим некоторые незначительные изменения, перевод сделан с официального текста ISO FDIS 14644-9, распространяемой институтом IEST с целью широкого ознакомления специалистов с будущим текстом стандарта. Предстандарт разработан мировым сообществом специалистов по чистым помещениям из самых разнообразных отраслей промышленного производства, которые пришли к выводу о необходимости классификации чистоты поверхности, как одной из составляющих окружающей среды высокотехнологичного производства. Разумеется, что инициатива здесь принадлежала полупроводниковой отрасли, поскольку для обеспечения выпуска качественной продукции с ростом диаметра пластин и миниатюризацией изделий резко возрастает критичность загрязнения поверхности. Новый документ имеет огромное значение и для других отраслей, например, для производства изделий медицинского назначения.

В следующем номере мы опубликуем остальные разделы стандарта и постараемся ознакомить читателей с отзывами отечественных специалистов.

3. Термины и определения

В данном документе были использованы следующие термины и определения, указанные в ИСО 14644-6:2007.

3.1 Дескриптор для выделенного диапазона размеров частиц

Дифференциальный дескриптор, выражающий уровень чистоты поверхности по частицам SPC (SPC-surface particle cleanliness) в интервале выделенного диапазона частиц.

ПРИМЕЧАНИЕ: дескриптор можно использовать для диапазонов размеров частиц, представляющих особый интерес, или диапазонов, выходящих за рамки системы классификации, он может устанавливаться независимо или служить дополнением к классам SPC.

3.2 Метод прямого измерения

Оценка загрязнения без каких-либо промежуточных стадий.

3.3 Метод косвенного измерения

Оценка загрязнения с промежуточными стадиями.

3.4 Метод измерения

Точное описание использования измерительного прибора (в чистом помещении) в сочетании с методом определения класса чистоты.

ПРИМЕЧАНИЕ: использование метода измерения ведет к получению дискретных значений измеряемой величины или ее количественной оценке.

3.5 Твердая поверхность

Поверхность раздела между твердой и второй фазой.

3.6 Частица на поверхности

Твердое и/или жидкое вещество, прочно удерживаемое или просто находящееся на исследуемой поверхности, за исключением пленкообразующего вещества, покрывающего всю поверхность.

ПРИМЕЧАНИЕ: частицы прочно удерживаются на поверхности благодаря химическому и/или физическому взаимодействию.

3.7 Чистота поверхности по частицам (SPC – surface particle cleanliness)

Состояние поверхности в зависимости от концентрации частиц, находящихся на ней.

ПРИМЕЧАНИЕ: чистота поверхности зависит от материала поверхности и конструктивных характеристик, стрессовых нагрузок (степени сложности нагрузок, действующих на поверхность) и преобладающих условий окружающей среды, наряду с прочими факторами.

3.8 Класс чистоты поверхности по частицам (SPC класс)

Порядковый номер, указывающий максимально допустимую концентрацию частиц на поверхности, выраженную в количестве частиц на квадратный метр площади, для рассматриваемых размеров частиц (SPC Классы от 1 до 8).

3.9 Классификация чистоты поверхности по частицам (классификация SPC)

Уровень (наряду с процессом определения или измерения уровня), представляющий предельно допустимую концентрацию частиц на поверхности, выраженный в количестве частиц на квадратный метр поверхности, для рассматриваемых размеров частиц, и обозначаемый как ISO SPC Класс N.

3.10 Концентрация частиц на поверхности

Количество отдельных частиц, приходящихся на единицу площади исследуемой поверхности.

4. Сокращения

В данном документе использовались следующие сокращения:

AFM	атомно-силовая спектроскопия
CNC	счетчик ядер конденсации
EDX	энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия
ESCA	электронная спектроскопия для химического анализа
ESD	электростатический разряд
IR	инфракрасная (абсорбционная) спектроскопия
OPC	оптический счетчик частиц
PET	полиэтилентерефталат
SEM	сканирующая электронная микроскопия
SPC	чистота поверхности (в отношении частиц)
UV	ультрафиолетовая спектроскопия
WDX	волнодисперсионная рентгеновская спектроскопия

5. Система классификации

5.1 ИСО формат классификации SPC

Класс чистоты поверхности по частицам (SPC) в чистом помещении или в связанных с ним контролируемых средах обозначается классификационным номером N, указывающим максимальную общую концентрацию частиц на поверхности, допустимую для рассматриваемого размера частиц. N следует определять из уравнения с для максимально допустимой общей концентрации частиц на поверхности, $C_{SPC,D}$ выражается количеством частиц на квадратный метр поверхности для каждого рассматриваемого размера частиц, D:

$$C_{SPC,D} = k \frac{10^N}{D}$$

где:

$C_{SPC,D}$ – максимально допустимая общая концентрация частиц на поверхности, выраженная в частицах на квадратный метр; для частиц, равных или превышающих по размеру исследуемые;

$C_{SPC,D}$ – округляется до ближайшего целого числа с использованием не более трех значащих цифр;

N – классификационный номер SPC, от SPC Класса 1 до SPC Класса 8; номер Класса SPC N указывается для измеренного диаметра частиц D (в микрометрах);

ПРИМЕЧАНИЕ: N представляет собой показатель степени 10 для концентрации частиц размером 1 мкм;

D – рассматриваемый размер частиц в микрометрах;

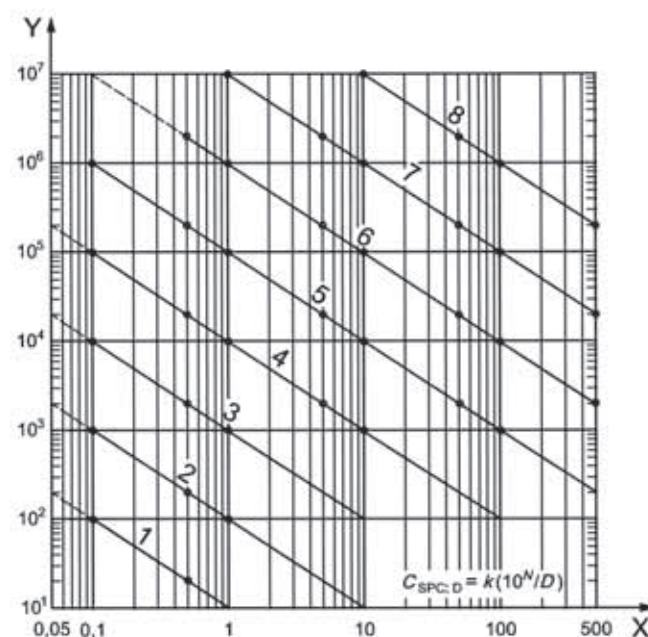
k – константа, равная 1, размерности мкм.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Значение класса SPC, основанное на величине концентрации частиц, может зависеть от времени и типа процесса, так как генерация и перенос частиц являются изменяющимися характеристиками.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Из-за сложности статических оценок и наличия доступных дополнительных справочных материалов, выбор и использование статистических методов для классификации и проведения испытания в этой части стандарта ИСО 14644 не описываются.

Концентрация $C_{SPC,D}$, которая фигурирует в уравнении (1), служит определяющей величиной. В таблице 1 представлены классы SPC и соответствующие максимально допустимые накопленные на поверхности общие концентрации частиц рассматриваемого размера.

На рис. 1 представлены классы SPC в графической форме.



Пояснения к рис. 1: SPC Классы

X – исследуемый размер частиц, (мкм)

Y – концентрация частиц размером $\geq D$ на поверхности, $C_{SPC,D}$ (частиц/м²)

1 – SPC Класс 1

2 – SPC Класс 2

3 – SPC Класс 3

4 – SPC Класс 4

5 – SPC Класс 5

6 – SPC Класс 6

7 – SPC Класс 7

8 – SPC Класс 8

Таблица 1

SPC Классы для чистых помещений и связанных с ними контролируемых сред (единицы: частицы на кв. метр)

SPC Класс	Размер частиц								
	≥ 0,05 мкм	≥ 0,1 мкм	≥ 0,5 мкм	≥ 1 мкм	≥ 5 мкм	≥ 10 мкм	≥ 50 мкм	≥ 100 мкм	≥ 500 мкм
SPC Класс 1	(200)	100	20	(10)					
SPC Класс 2	(2 000)	1 000	200	100	(20)	(10)			
SPC Класс 3	(20 000)	10 000	2 000	1 000	(200)	(100)			
SPC Класс 4	(200 000)	100 000	20 000	10 000	2 000	1 000	(200)	(100)	
SPC Класс 5		1 000 000	200 000	100 000	20 000	10 000	2 000	1 000	(200)
SPC Класс 6		(10 000 000)	2 000 000	1 000 000	200 000	100 000	20 000	10 000	2 000
SPC Класс 7				10 000 000	2 000 000	1 000 000	200 000	100 000	20 000
SPC Класс 8						10 000 000	2 000 000	1 000 000	200 000

Величины, указанные в таблице 1, являются значениями концентрации частиц с размером равным или больше рассматриваемого, на площади поверхности в 1 квадратный метр (1 м²) ($C_{SPC,D}$) и класс SPC.

Величины, указанные в скобках: соответствующие размеры частиц не следует использовать для целей классификации; в этом случае для классификации нужно выбрать другой размер частиц.

Минимальная площадь для проведения измерения должна быть статистически достоверной для исследуемой поверхности.

ПРИМЕЧАНИЕ: классификация более низких классов SPC требует большого количества измерений для получения значимой величины.

Для классификации должны использоваться сплошные линии, показанные на графике. Пунктирные линии использовать для классификации не следует.

ПРИМЕЧАНИЕ: Распределение частиц на поверхности, как правило, не является нормальным распределением, на него влияют различные факторы, как например, шероховатость, пористость, электростатическое заряджение поверхности, механизмы осаждения загрязнений и пр. (см. Приложение А).

ПРИМЕР: SPC Класс 5 (1 мкм) означает, что на 1 м² поверхности может максимально содержаться 105 частиц с рассматриваемым размером ≥ 1 мкм ($D = 1$). SPC Класс 5 (10 мкм) означает, что на 1 м² поверхности может максимально содержаться 104 частиц с исследуемым размером ≥ 10 мкм ($D = 10$). Любой другой измеряемый размер частиц ($D = x$), имеющий концентрацию ниже соответствующей линии класса SPC, будет считаться в диапазоне спецификации SPC Класса 5 (x мкм).

Для размеров частиц, выходящих за рамки системы классификации, и в случаях, когда рассматривается только узкий диапазон частиц или только определенный их размер, можно использовать дескриптор (см. Приложение В).

5.2. Обозначение

Номер класса SPC должен быть составлен следующим образом: SPC Класс N (D мкм).

Обозначение класса SPC для чистых помещений и связанных с ними контролируемых сред может также включать следующие параметры:

- тип измеряемой поверхности;
- площадь измеряемой поверхности;
- используемый метод измерения.

Подробные детали используемого метода измере-

ния, включая метод отбора пробы и измерительные приборы, следует смотреть в протоколе испытаний.

Исследуемый размер частиц должен быть определен в соглашении между заказчиком и исполнителем.

Классификация SPC должна быть установлена по диаметру измеряемых частиц.

ПРИМЕР 1: SPC Класс 2 (0,1 мкм); подложка: пластина или стекло, площадь поверхности: 310 см²; счетчик частиц на поверхности.

ПРИМЕР 2: SPC Класс 5 (0,5 мкм); внутренняя стенка флакона, площадь поверхности: 200 см²; жидкая дисперсия – счетчик частиц в жидкости.

5.3 Общая информация о чистоте поверхности по частицам

Концентрация частиц в воздушной среде и концентрация частиц на поверхности, как правило, взаимосвязаны. Эта связь зависит от многих факторов, например, турбулентности воздушного потока, интенсивности осаждения, скорости и времени осаждения, концентрации частиц в воздухе, а также характеристик поверхности, таких как электростатический заряд (см. А.2.4).

Чтобы определить класс чистоты поверхности по частицам следует учитывать большое число параметров (см. Приложение С) и характеристик поверхности (см. Приложение А), влияющих на результат испытания.

6. Подтверждение соответствия

6.1. Принцип

Соответствие требованиям класса SPC, определенного заказчиком, подтверждается выполнением измерений и предоставлением документации с результатами и условиями измерений.

ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Подробности способа демонстрации соответствия (см. 6.3.) должны быть согласованы между заказчиком и исполнителем заранее.

6.2. Испытание

Испытания, выполняемые для подтверждения соответствия, по возможности, должны быть выполнены в контролируемой среде с использованием подходящих методов измерения и откалиброванных приборов.

Для подтверждения соответствия можно использовать методы как прямого, так и косвенного измерения (см. Приложение D). Список типовых методов не исчерпывается методами, указанными в Приложении. При необходимости можно договориться об использовании альтернативных методов, обеспечивающих такую же точность. ПРИМЕЧАНИЕ: измерения, осуществляемые различными методами, даже при корректном проведении могут дать разные результаты с одинаковой достоверностью.

Рекомендуется повторять измерения.

Метод испытания и условия окружающей среды должны быть согласованы между заказчиком и исполнителем.

Следует принять меры для снижения электростатического заряда в зоне проведения испытаний, т.к. электростатические заряды способствуют осаждению частиц на поверхность. Электростатические заряды могут образовываться на любой не токопроводящей, не заземленной поверхности (Приложение A). Поэтому результаты испытаний могут отличаться.

6.3. Отчет об испытании

Результаты испытания каждой поверхности должны фиксироваться и отображаться в исчерпывающем отчете вместе с декларацией о соответствии или несоответствии указанному SPC Классу (Классам).

Отчет об испытании должен включать как минимум следующее:

a) основные данные:

- дата и время проведения испытания;
- наименование/адрес организации, проводящей испытание;
- фамилии лиц, проводивших испытание;

b) используемые справочные материалы (ссылки):

- стандарты;
- руководства;
- нормативные документы;
- номер и год публикации этой части ИСО 14644, т.е. ИСО 14644-9:2010;

c) данные об окружающей среде:

- условия окружающей среды, при которых отбирались пробы (т.е. температура, относительная влажность воздуха, класс чистоты);
- условия окружающей среды, в которой проводилось измерение (т.е. температура, относительная влажность воздуха, класс чистоты) (это условие не особенно важно при использовании прямых методов);
- место проведения измерения (помещение и пр.)

d) образцы:

- четкое определение испытываемого образца;
- описание испытываемого образца;
- схема и/или эскиз испытываемого образца.

e) установка:

- фото и/или схема испытательного оборудования;
 - описание рабочих параметров;
 - описание точек измерения;
 - описание аппаратного обеспечения, используемого для проведения испытаний;
- f) измерительные устройства:
- описание используемых прибора (приборов) и измерительных устройств и действующий сертификат(ы) калибровки;
 - диапазон измерения используемых измерительных устройств;
 - ссылка на сертификаты калибровки;
- g) выполнение испытания:
- подробности проводимой процедуры испытания с любыми имевшими место отклонениями от процедуры испытания (если это оговорено);
 - состояние поверхности до отбора пробы (т.е. после очистки, после упаковки, в атмосферных условиях или в вакууме);
 - выбранное испытание и процедура/метод измерения;
 - персонал, занятый отбором проб и проведением измерений;
 - выбранный метод(ы) измерения;
 - все согласованные документы (например, исходные данные, фоновая концентрация частиц, иллюстрации, графики, очистка и упаковка);
 - длительность, место расположения и размещение пробы (не важно, при использовании прямых методов);
 - длительность, место расположения и размещение измерительного прибора (не важно, при использовании прямых методов);
 - важные наблюдения, сделанные во время забора пробы/измерения, при необходимости;
 - количество выполненных измерений;
 - четкое описание положения и площади поверхности, выбранной для измерения, и специфическая маркировка для координат поверхности, если возможно;
- h) результаты и анализ:
- визуальный осмотр тестируемой поверхности перед измерением и после него, при необходимости;
 - результаты измерений и/или их анализ;
 - характеристика качества данных
 - исследуемый диапазон размеров частиц;
 - результаты испытания, включая данные по концентрации частиц для частиц данного размера – для всех произведенных измерений;
 - класс чистоты поверхности с обозначением, выраженным как SPC Класс N;
 - условия соответствия чистой поверхности установленным критериям, если это оговорено между заказчиком и исполнителем.

Приложение А (информационное)

Свойства поверхности

А. 1 Описание поверхности

Поверхность обычно характеризуется текстурой (например, шероховатостью, пористостью), механически-

ми свойствами (такими как твердость), а также физико-химическими свойствами (электростатический заряд, поверхностное натяжение). Каждое из этих свойств следует рассмотреть с целью выбора наиболее подходящего метода испытаний для классификации чистоты поверхности, или как вспомогательное средство при интерпретации результатов.

А. 2 Свойства поверхности

1.2.1 Шероховатость

1.2.1.1 Описание

Трудно описать шероховатость одним параметром, т.к. она влияет на многие физические свойства поверхности, кроме того, шероховатость не является единственной характеристикой поверхности.

Шероховатость существует в двух главных измерениях: под прямыми углами к поверхности, где она может быть охарактеризована высотой, и в плоскости поверхности, где она определяется как «текстура» и характеризуется волнистостью.

Шероховатость поверхности можно измерить с помощью механических или оптических методов.

1.2.1.2 Измерение

Распространенный механический метод измерения для определения шероховатости – это измерительный прибор со щупом (см., например, ISO 4287 или ISO 4288).

Широко используемые оптические методы для определения шероховатости и пористой структуры – это микроскопия (оптическая, софокусная, интерферометрия, с учетом или без учета туннельного эффекта, плавное секционирование).

А.2.2 Пористость

А.2.2.1 Определение и описание

Пористость – характеристика наличия пустот в материале, она измеряется как доля между 0 и 1 или как процентное содержание в интервале от 0% и 100%.

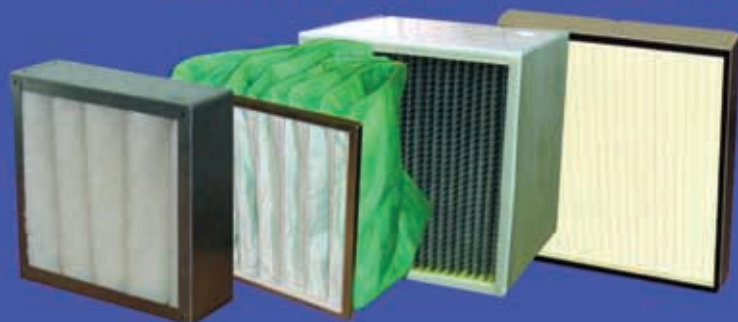
- **Наблюдаемая пористость** (называемая также открытая пористость) относится к доле общего объема, в котором может идти поток жидкости (за исключением тупиковых пор и глухих пустот).
- **Макропористость** относится к порам, равным или превышающим диаметр 50 нм. Поток жидкости по макропорам описывается как объемная диффузия.
- **Мезопористость** относится к порам, равным или превышающим диаметр 2 нм, но меньшим диаметра 50 нм.
- **Микропористость** относится к порам, по диаметру, меньшему 2 нм. Движение в микропорах осуществляется посредством активированной диффузии.

А.2.2.2 Измерение

Есть несколько путей определения пористости (иначе, порометрии) данного материала или смеси материалов, который называется матрицей материала.



ФИЛЬТРЫ ВОЗДУШНЫЕ ДЛЯ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ЛЮБЫХ ТРЕБОВАНИЙ ЧИСТОТЫ



**ФИЛЬТРЫ КЛАССОВ G3 - H17
ГОСТ Р 51251-99 (EN 779 и EN 1822)**

**Фильтрующие камеры
(СКФ и ССФ)
для размещения карманных
и складчатых фильтров**



**Модули (МВ) для
установки HEPA фильтров**



Метод измерения объема/плотности быстрый и очень точный метод (как правило, в пределах $\pm 2\%$ фактической пористости). Измеряются объем и масса материала. Масса материала, разделенная на плотность материала, дает объем, занимаемый материалом, минус объем пор. Следовательно, объем пор просто равен общему объему минус объем материала, или проще: (объем пор) = (общий объем) – (объем материала).

Метод насыщения водой чуть более сложный, но более точный и более прямой. Берется определенный объем материала и определенный объем воды. Материал медленно погружается полностью в воду и оставляется на несколько часов до полного насыщения. Затем из емкости удаляется не впитавшаяся вода и измеряется ее объем. Общий первоначальный объем воды в емкости минус объем не впитавшейся воды представляет собой объем пространства пор, или проще: (объем пор) = (общий объем воды) – (объем не впитавшейся воды).

Метод ртутной порометрии требует, чтобы образец был помещен в специальное устройство наполнения, которое позволяет вакуумировать образец с последующим вводом в устройство жидкой ртути. Количество введенной в поры ртути обычно измеряется в виде зависимости от приложенного давления. Чем больше приложенное давление, тем меньше по размеру поры заполняются ртутью. Обычно этот метод используется при диапазоне пор от 300 мкм до 0,0035 мкм. В связи с повышенной опасностью работ с использованием ртути разработано несколько методов проникающей порометрии без использования ртути, которые следует рассматривать как альтернативу методу проникающей ртутной порометрии.

Метод абсорбции газообразного азота используется для определения мелкой пористости в материалах при размерах пор менее 0,090 мкм. В очень мелких порах газообразный азот конденсируется на стенках. Эта конденсация замеряется потом по объему или по массе.

А.2.3 Твердость

Существует множество национальных и международных стандартов по методам испытания твердости для каждого типа материала. Твердость часто измеряется усилием внедрения алмазного шарика или алмазного наконечника в процессе вдавливания в твердое тело или величиной упругих свойств устройства для проведения ударных испытаний.

Метод определения твердости металлов по Роквеллу, Бринеллу, Шоре и Виккерсу представлен в ASTM E18-07. В начале испытания выбираются геометрические размеры и давление, в зависимости от толщины образца, состава металла и предполагаемой твердости.

А.2.4. Статическое электричество

А.2.4.1 Определение и описание

Статическое электричество определяется как электрический заряд, вызванный дисбалансом электронов на поверхности материала. Этот дисбаланс электронов создает электростатическое поле, которое может оказывать влияние на определение класса чистоты поверхности объекта. Электростатический разряд (ESD – electrostatic discharge) определяется как перенос заряда между телами с различными электрическими потенциалами.

Любое относительное движение, физическое разделение материалов, также как и движение в потоке твердых частиц, жидкости, или газов со взвешенными частицами может приводить к генерации электростатических зарядов. Общеизвестные источники ESD – это персонал, предметы, выполненные из обычных полимерных материалов, и технологическое оборудование. Электростатический разряд может повреждать детали вследствие прямого контакта с заряженной поверхностью или посредством электрического поля, индуцированного заряженным объектом.

Заряженные поверхности могут притягивать и удерживать частицы загрязнений. Если метод измерения, выбранный для определения класса чистоты поверхности, основывается на непрямом обнаружении частиц на поверхностях (см. D.2.3.3.5), результаты таких измерений могут быть неточными, т.к. перенос частиц с поверхности уменьшается. Следовательно, особенно при использовании не прямых методов измерения, необходимо предпринимать меры для снижения ESD эффектов.

А.2.4.2 Измерение

Определение ESD-свойств поверхности образцов может быть полезным при оценке влияния эффективности удаления частиц с образца поверхности (например, IEC 61340-5-1, ISO 10015, IEST RP-CC022.2, SEMI E43-0301, SEMI E78-0706).

А.2.5 Поверхностное натяжение

А.2.5.1 Определение

Поверхностное натяжение – это энергия, необходимая для увеличения поверхности на единицу площади. Обычно она обозначается как γ и выражается в Джоулях на квадратный метр (Дж/м²) или в Ньютонах на метр (Н/м).

А.2.5.2 Измерение

Хорошо известный метод – это измерение краевого угла смачивания при «нанесении капли» (см. ссылку [18] в разделе «Библиография»).

Когда капля жидкости входит в контакт с плоской твердой поверхностью, ее форма зависит от силы молекулярного взаимодействия внутри жидкости, называемой силой когезии, или силы молекулярного взаимодействия между жидкостью и твердым телом, называемой силой

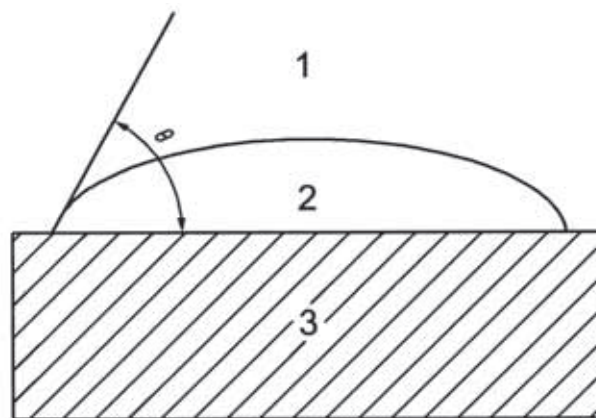


Рис. А.1. Форма капли жидкости на твердой поверхности, при которой краевой угол смачивания $\theta < 90^\circ$
ПОЯСНЕНИЯ: 1 = газ, 2 = жидкость, 3 = твердое тело

адгезии. Угол смачивания между жидкостью и твердым телом используется в качестве характеристики поверхностного натяжения (см. рис. А.1). Как правило, жидкости с низким поверхностным натяжением легко смачивают большинство твердых поверхностей, угол смачивания при этом близок нулю – это означает, что сила молекулярной адгезии между твердым телом и жидкостью значительно больше, чем сила когезии между молекулами внутри жидкости.

Измерение краевого угла смачивания выполняется с помощью оптического метода (от $\times 10$ до $\times 50$) увеличения профиля нанесенной капли на плоской твердой поверхности.

Приложение С (информационное)

Параметры, влияющие на классификацию SPC

С.1 Предпосылки

Параметры, которые могут оказывать влияние на результат поверхностных испытаний и измерений представлены в пункте С2. Информация не является исчерпывающей, и представленные данные указываются не в порядке их значимости. Более подробная информация по методам измерения и характеристикам поверхности дана в Приложении D.

С.2 Параметры

С.2.1 Физические/химические свойства

- **Состояние поверхностной энергии.** На притяжение и отталкивание частиц могут влиять, например, когезионные/адгезионные свойства и/или гидрофильные/гидрофобные свойства поверхности.
- **Пористость поверхности.** В большинстве случаев, чем выше пористость, тем более сложным является отличие между дефектностью поверхности и наличием на ней частиц.
- **Способность поверхности поддаваться очистке.** Если поверхность трудно очищается, то различить дефектность поверхности и наличие на ней частиц сложно.
- **Оптические характеристики поверхности.** Если используются прямые методы испытания, то различные оптические характеристики испытываемой поверхности могут привести к получению различных результатов измерения.
- **Электростатические свойства поверхности.** Электростатические свойства поверхности влияют на притяжение и отталкивание частиц загрязнения, несущих на себе электростатический заряд.
- **Магнитные характеристики поверхности.** Магнитные характеристики поверхности влияют на притяжение и отталкивание материалов с магнитными свойствами.

С.2.2 Форма поверхности и частицы

- **Морфология частицы** (круглая, плоская, овальная, заостренная и т.д.) и топография поверхности могут влиять на результат измерения.

- **Состояние поверхности** (очищенная, прессованная, полированная и пр.). Силы притяжения частиц изменяются в зависимости от состояния поверхности. Это изменение влияет на эффективность удаления частиц и на возможность различить частицы, шероховатость и пористость.
- **Шероховатость/пористость/волнистость поверхности.** Шероховатость, пористость или волнистость влияют на эффективность удаления частиц при использовании непрямых методов.
- **Форма/геометрия частицы.** Форма частиц также может влиять на результаты измерения, например, длинные частицы и идеально круглые частицы могут дать одинаковые значения для оптического счетчика частиц после окончательного удаления частиц с поверхности, но совершенно разные значения при гравиметрическом измерении. В общем случае, волокнами считаются частицы, если они имеют соотношение геометрических размеров (длины к ширине) равное 10 и выше.

С.2.3 Возможность измерения/анализа и надлежащая статистика результатов анализа частиц

Количество проводимых измерений должно обеспечивать статистическую достоверность результатов. Поэтому для оценки доверительного интервала следует использовать подходящие статистические методы.

- **Способность измерить/анализировать.** Результативность выполнения измерений зависит от возможности использования измерительного прибора для работы с измеряемым образцом.

ПРИМЕР: выполнение измерений внутри отверстий и микроканалов.

- **Способность обнаружения частиц** (прямые или косвенные методы). Способность отличить частицы, осажденные на поверхности от дефектов самой поверхности (прямой метод) или обнаруживать осажденные частицы (косвенный метод) влияет на SPC классификацию.
- **Измеряемые геометрический размер/площадь поверхности.** В зависимости от геометрического размера площади измеряемой поверхности следует выбирать различные методы. В большинстве случаев статистика для числа определяемых образцов и методы анализа величин измерений должны разрабатываться отдельно.
- **Встроенные возможности.** Для получения статистической достоверности результатов следует выполнять несколько измерений. Влияние повторяемости измерений снижается со встраиваемыми опциями.
- **Частота распределения отдельных измерений.**
- **Размер измеряемых частиц.**
- **Распределение частиц по площади поверхности.**

С.2.4 Источники генерации частиц

Источниками генерации частиц, осевших на поверхность, могут быть, например, трение материала, износ, осаждение аэрозольных частиц, химические реакции газообразных веществ с поверхностью, приводящие к образованию твердых или жидких продуктов.

ПРИМЕР: $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$