

Стандарт ISO 14644-13

ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ КОНТРОЛИРУЕМЫЕ СРЕДЫ

Часть 13: Очистка поверхностей для достижения определённых уровней чистоты в рамках классификации по частицам и химическим загрязнениям

Перевод Михаила Шахова,
НПЦ «Клирум Инструментс»

Секретариат технического комитета 209 при IEST опубликовал проект нового стандарта ISO 14644-13: «Очистка поверхностей для достижения требуемого уровня чистоты по частицам и химикатам». Ознакомиться с полной версией этого проекта можно на сайте комитета www.iest.org/bookstore.

Наш журнал регулярно знакомит своих читателей с последними изменениями, происходящими на нормативном поле технической документации, касающейся чистых помещений и связанных с ними контролируемых сред. Редакция приобрела проект новой версии вышеупомянутого документа, и в нескольких номерах текущего года мы представим его вашему вниманию в виде реферата.

Новый стандарт представляет собой руководство по выбору метода очистки поверхностей для достижения определённого уровня чистоты, которое основано на рассмотрении таких аспектов как описание поверхности, требования по чистоте, виды загрязнений, методики очистки, совместимость материалов и методология оценки. Очень важно отметить, что стандарт не касается продукции, которая производится в чистых помещениях, не описывает подробно механизмы очистки, методы и процедуры, не рассматривает химические реакции между молекулярными загрязнениями и поверхностями, а также экологические проблемы. Кроме того, документ не касается

подробных характеристик материалов, микробиологических аспектов чистых поверхностей, а также соображений, связанных со здоровьем и безопасностью.

Необходимость создания общего стандарта для выбора подходящего метода очистки поверхностей от загрязнений частицами и химическими веществами возникла в связи с тем, что большинство методов очистки подходит для удаления более чем одной категории загрязнений одновременно, а каждому пользователю для конкретной цели необходимо выбрать наиболее эффективный метод.

Прежде всего, следует заметить, что новый стандарт распространяется на очистку поверхностей самих чистых помещений, оборудования и расходных материалов, которые участвуют в технологическом процессе, от загрязнений в виде частиц и химикалий. Естественно, что очистку и ее эффективность невозможно рассматривать, не принимая во внимание уже принятые части в серии стандартов ГОСТ Р ИСО 14644 «Помещения чистые и связанные с ними контролируемые среды»: Часть 8 (2008) «Классификация чистоты воздуха по концентрации химических веществ (АСС)»; Часть 9 (2013) «Классификация чистоты поверхностей по концентрации частиц»; Часть 10 (2014) «Классификация чистоты поверхностей по концентрации химических загрязнений».

Редколлегия журнала

3. Термины и определения

В настоящем стандарте используются следующие термины с соответствующими определениями (определения справедливы для всех частей стандарта ИСО 14644):

3.1 cleanliness – чистота (твердой поверхности)

Состояние твердой поверхности, при котором уровень загрязнений (частиц, химических веществ, микроорганизмов) контролируется на определенном уровне.

3.2 cleaning efficacy – степень (или уровень) очистки (показывает, в какой мере достигнут идеал)

Степень очистки – соотношение между требуемым уровнем чистоты и полученным в контролируемых условиях.

Замечание: в практической деятельности или при инспектировании используется термин *cleaning effectiveness* – (это чистая эффективность, поэтому обычно употребляется простой термин «эффективность»). (В связи с этим при дальнейшем переводе текста мы оба термина будем переводить одним словом – эффективность. Суть предмета от этого не страдает. Примечание Редколлегии журнала).

3.3 cleaning efficiency – результативность или эффективность очистки

Доля специфических загрязнений, удаляемая с поверхности данным процессом очистки. Доля определяется по соотношению достигнутого и начального уровней чистоты.

3.4 contamination – загрязнения

Нежелательное вещество в неприемлемом месте.

3.5 chemical contamination – химические загрязнения

Химические вещества (не частицы), которые могут оказывать отрицательное воздействие на продукт, процесс или оборудование.

3.6 descriptor for specific particle ranges – дескриптор для определённого диапазона размеров частиц

Дифференциальный дескриптор – величина, характеризующая уровень чистоты поверхности (SCP) с учетом диапазона размеров частиц.

3.7 direct measurement method – прямой метод измерения (ГОСТ Р ИСО 14644-9)

Оценка загрязнений без каких-либо промежуточных этапов.

3.8 indirect measurement method – косвенный метод измерения (ГОСТ Р ИСО 14644-9)

Оценка загрязнений, включающая промежуточные этапы.

3.9 particle – частица

Небольшое количество вещества с определенными физическими границами.

3.10 particle contamination – загрязнение частицами

Частицы, которые могут оказывать влияние на процесс, продукцию, персонал или оборудование.

3.11 particle size – размер частицы

Мера длины, описывающая размер трехмерной частицы.

Замечание 1: размер частицы зависит от метода измерения.

Замечание 2: для определения размера частицы могут применяться разные методики, например, определение наибольшего размера, эквивалентного диаметра, наименьшего описывающего параллелепипеда.

3.12 particle size distribution – распределение частиц по размерам

Интегральное распределение концентрации частиц в зависимости от их размера.

3.13 solid surface – твердая поверхность

Граница раздела между твердым веществом и второй фазой.

3.14 surface – поверхность

Граница раздела между двумя фазами. Одна из фаз обычно твердое тело, тогда как другая может быть газом, жидкостью или другим твердым телом.

3.15 surface particle – частица на поверхности

Твердое или жидкое вещество, дискретно распределенное и удерживающееся на рассматриваемой поверхности, исключая вещества, покрывающие всю поверхность. Частицы удерживаются на поверхности за счет химических и/или физических взаимодействий.

3.16 surface cleanliness by particle concentration classification (SCP) – класс чистоты поверхности по концентрации частиц

Условное обозначение, указывающее на максимально допустимую концентрацию частиц определенного размера (частиц/м³) на поверхности. Обозначается как класс ИСО SCP N (ГОСТ Р ИСО 14644-9:2013).

3.17 surface cleanliness by particle concentration class (SCP class) – Классификационное число, характеризующее чистоту поверхности по концентрации частиц

Число, соответствующее максимально допустимой концентрации частиц на поверхности (частиц/м³) для определенного размера частиц (от 1 до 8).

3.18 surface particle concentration – концентрация частиц на поверхности

Количество частиц на единице площади рассматриваемой поверхности.

3.19 surface cleanliness by chemical concentration class (SCC) – класс чистоты поверхности по концентрации химических загрязнений

Десятичный логарифм концентрации химических загрязнений на поверхности, выраженной в г/м² (ГОСТ Р ИСО 14644-10:2014).

Класс чистоты SCC всегда должен относиться к конкретному химическому веществу или группе веществ (х).

Замечание: класс чистоты SCC указывается как Класс SCC N (х).

4. Общая методология

4.1 Обзор

Рассматривая очистку, следует принять во внимание множество аспектов. На рис. 1 представлен обзор факторов, определяющих пригодность методов очистки для достижения определённых уровней чистоты поверхности. Подробнее см. приложение А.

4.2 Методология

Эффективность методов очистки для данной области применения зависит от многих факторов. Для сложных объектов рекомендуется придерживаться последовательности, описанной ниже, и схемы вероятных решений (рис. 2). Применяя эту процедуру, можно гарантировать, что все важные аспекты были учтены. Для простых объектов и поверхностей возможны отклонения от последовательности при условии, что вся важная информация будет задокументирована.

Началом данного подхода является описание объекта, подвергаемого чистке. Описание должно охватывать, среди прочего, состояние и материал поверхности объекта, а также факторы его формы, такие как геометрическая сложность и размеры (стадия 1). На второй стадии следует определить цель процедуры очистки в рамках желаемой чистоты объекта. В качестве отправной точки необходимо оценить начальный уровень загрязнения (стадия 3) и указать дополнительные требования. На основании видов загрязнений и требуемой эффективности их удаления выбирается метод очистки или их комбинация (стадия 5). Методологию очистки следует проверить на предмет совместимости с материалами, указанными на первой стадии (стадия 6). На последней стадии должна быть прове-

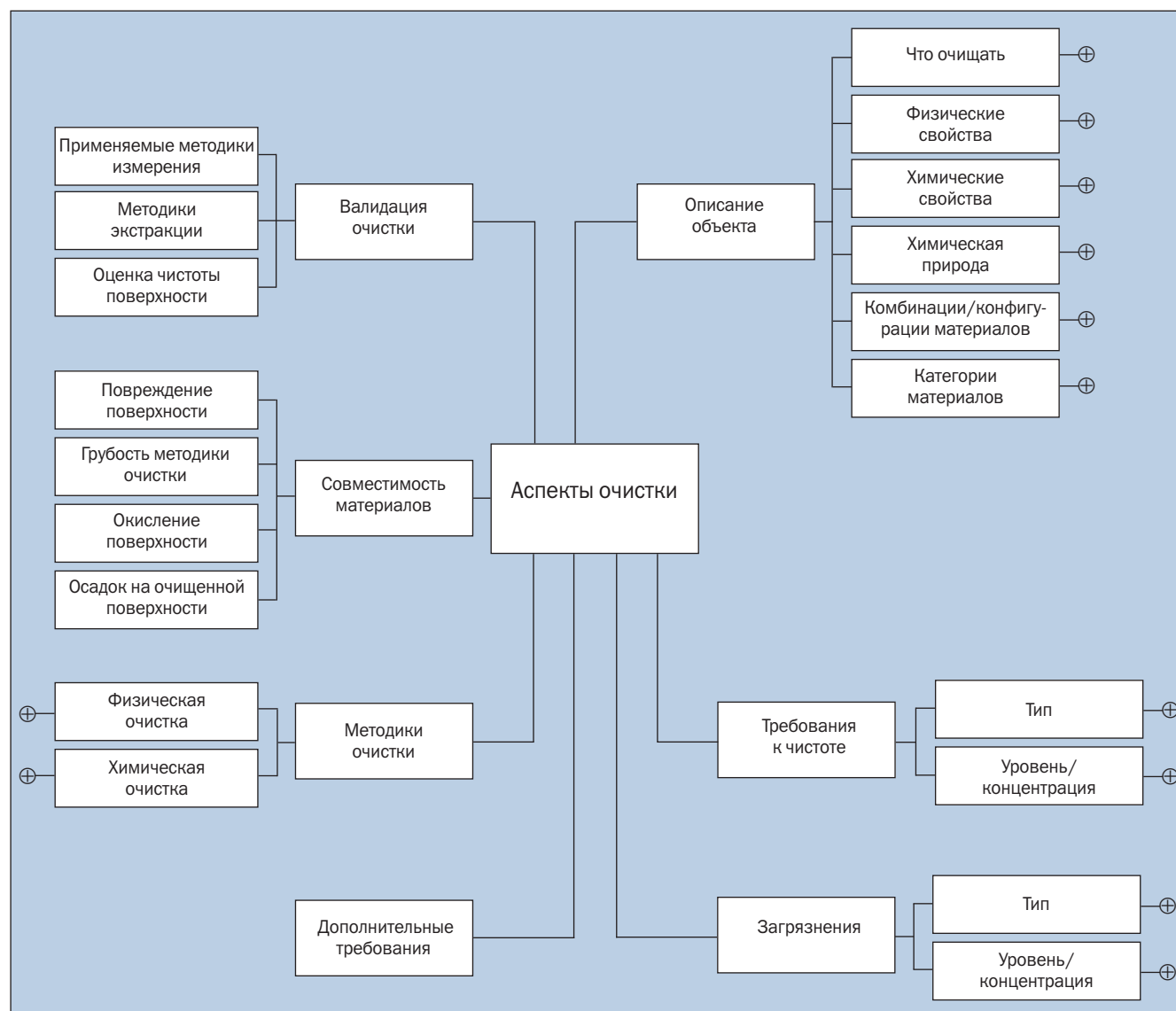


Рис. 1. Обзор аспектов очистки

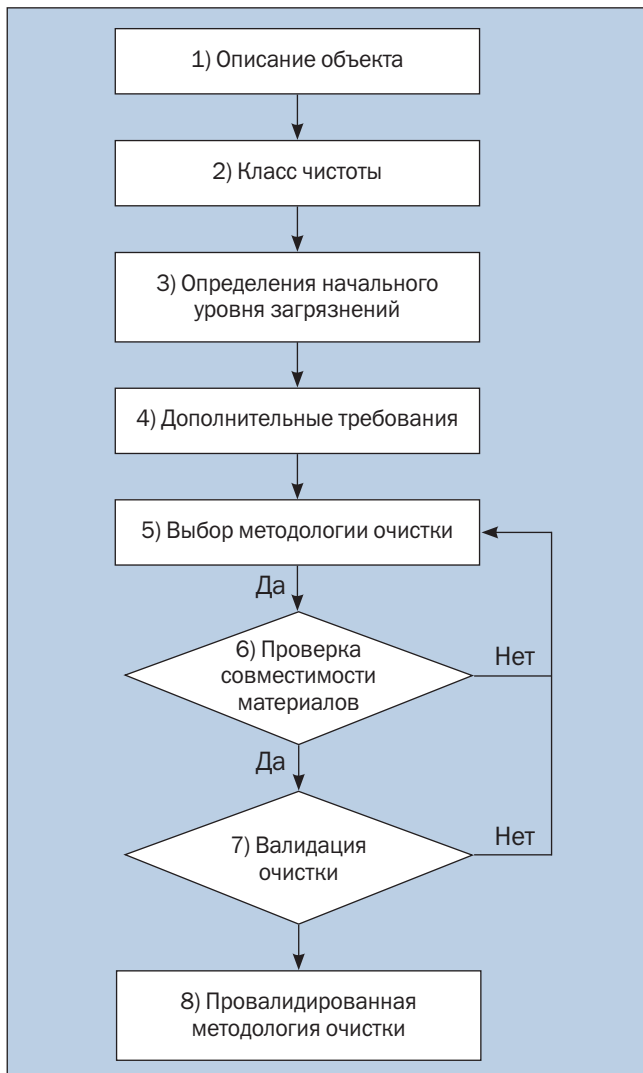


Рис. 2. Дерево принятия решения

дена валидация очистки. Валидация должна включать, как минимум, методы определения степени очистки и совместимости материалов. Результаты очистки следует сравнить с техническими требованиями.

5. Описание объекта

При описании объекта необходимо рассмотреть следующие аспекты:

Физические свойства объекта:

- физические размеры;
- вид/форма/сложность объекта;
- критические поверхности.

Следует предоставить общее описание объекта. Размеры, форма, сложность и идентификация критических поверхностей задают граничные условия для метода очистки.

Поверхность(-и):

- материал поверхности(-ей) объекта;
- сложность;
- материалы/критические материалы (чувствительные к чистящим агентам);

- тонкие/атомарные поверхностные слои (например, защитные покрытия);
- другие физические свойства (например, электростатические).

Состав объекта может быть простым (один или несколько подобных материалов) или представлять собой систему различных материалов (например, композиция из металла/пластика/стекла). При выборе метода очистки следует учесть каждый индивидуальный материал. Произвести очистку некоторых сочетаний материалов может быть достаточно сложно, поскольку конкретный метод очистки может подходить для одного из материалов, но не подходить для другого. Таким образом, выбор метода очистки должен представлять собой компромисс между минимальным повреждением материала и максимальной эффективностью очистки.

Химические свойства поверхности(-ей) :

- химический состав;
- тип поверхности (гидрофобная, гидрофильная, липофобная, липофильная и т.д.);
- энергетическое состояние поверхности (дзета-потенциал).

Физические и химические свойства поверхности оказывают большое влияние на выбор метода очистки. При выборе метода следует принимать во внимание все затрагиваемые материалы/химический состав поверхности(-ей) и комбинацию материалов, подвергающихся очистке.

Активность поверхности определяется химической конфигурацией завершающего атомарного слоя. Это важный параметр при определении метода очистки. Такие слои могут быть гидрофильными (смачиваемые водой – липофобные), или гидрофобными (отталкивающие воду, но смачиваемые маслами – липофильные). Применяемый метод очистки может влиять на активность поверхности. Активность поверхности также влияет на электростатические свойства материала – гидрофильные поверхности имеют меньшую склонность накапливать электрический заряд.

Морфология:

На очистку оказывают влияние морфологические особенности поверхности, такие как форма, размер, структура, шероховатость или пористость. Морфологические особенности могут еще больше усложнять очистку, влияя на доступность поверхности для очистки и удерживая чистящие агенты и материалы, используемые при очистке.

Специфические требования, связанные с объектом:

- целевое использование объекта;
- параметры окружающей среды как до, так и после очистки;
- критические поверхности – поверхности, имеющие важное значение для целевого использования объекта или чувствительные к очистке.

6. Требования по чистоте

Обоснование определения эффективности метода очистки должно включать рассматриваемые загрязнения и допустимые уровни загрязнения для данных условий.

Требуемый уровень чистоты должен быть задан в рамках концентрации частиц согласно ГОСТ Р ИСО 14644-9:2013 и/или в рамках концентрации заданной группы загрязнений согласно ГОСТ Р ИСО 14644-10:2014.

Требования по классу чистоты могут быть определены различными путями:

- класс чистоты, требуемый заказчиком;
- принятый класс чистоты, требуемый для сходных объектов;
- по результатам анализа влияния загрязнений поверхности на (будущую) функциональность продукта или процесса, там, где будет использоваться очищенная поверхность;
- по результатам испытаний или моделирования с разными классами чистоты рассматриваемой поверхности, и/или;
- по результатам анализа загрязнения, ставшего причиной повреждения или потери качества.

7. Определение начального уровня загрязнений

7.1 Общие положения

Чтобы выбрать процедуру очистки для достижения требуемого уровня чистоты поверхности, следует установить начальный уровень её чистоты. Начальный уровень чистоты поверхности по концентрации химических загрязнений или частиц определяется для рассматриваемых поверхностей. Определение может проводиться качественно или количественно.

Качественная оценка не является численной (например, визуальный осмотр).

В случае, если чистота поверхности определяется количественно, она может указывать на эффективность процедуры очистки по отношению к требуемой чистоте поверхности по концентрации частиц и/или химических загрязнений. Количественные данные (по частицам и/или химическим загрязнениям) должны быть отнесены к площади образца поверхности. Таким образом может быть указан начальный класс чистоты.

7.2. Определение начального уровня загрязнения по концентрации частиц

Начальная чистота поверхности по концентрации частиц для различающихся по свойствам поверхностей должна определяться отдельно. В зависимости от требуемого класса чистоты, может быть достаточно качественной оценки начального уровня чистоты. Для количественной оценки следует определить число и размер частиц при помощи метода, описанного в пункте 12. Определение класса чистоты поверхности проводится в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 14644-9:2013.

Определенные концентрации частиц должны быть отнесены к площади образца поверхности. Таким образом может быть указан начальный класс чистоты.

7.3. Определение начального уровня загрязнения по концентрации химических загрязнений

Начальная чистота поверхности по концентрации химических загрязнений для различающихся по свойствам поверхностей должна определяться отдельно. В зависимости от специфики использования, может быть достаточно качественной оценки (например, water break test – тест на разрыв водной пленки *(Для оперативного контроля в производственных условиях наиболее пригодны методы проверки чистоты поверхности, основанные на свойстве пленки дистиллированной воды и другого поверхностного растворителя разрываться там, где имеются загрязнения поверхности, например окунание подложек в воду (Примечание Редколлегии журнала))*) начального уровня чистоты. Количественная оценка природы и массы химических загрязнений может проводиться при помощи метода, описанного в пункте 12 и стандарте ГОСТ Р ИСО 14644-10:2014.

Определенные концентрации химических загрязнений должны быть отнесены к площади образца поверхности. Таким образом может быть указан начальный класс чистоты.

8. Дополнительные требования

Помимо требований к степени очистки и целостности продукта, существует множество других элементов, влияющих на применимость метода очистки. Эти аспекты и соответствующие требования должны быть определены и перечислены на стадии 5 дерева принятия решения (см. рис. 2). Содержание таких требований сильно зависит от объекта или поверхности и их целевого использования.

Характерными примерами дополнительных требований являются: время, доступное для проведения очистки; количество предметов, подвергаемых очистке; доступная поверхность опоры; отходы; капиталовложения и стоимость проведения работ; уровень подготовки оператора и экологические аспекты.

9. Выбор методологии очистки

9.1 Процедура выбора

Требования по очистке определяются в пунктах 5–8. В процессе выбора методологии очистки следует определить наилучшее сочетание между этими требованиями и характерными особенностями метода очистки.

Окончательное решение при выборе методологии очистки должно основываться на комбинации всех аспектов, чтобы обеспечить выбор технически и финансово оптимального, наиболее эффективного решения. В процессе выбора должны участвовать заказчик, поставщик технологии очистки и ответственный за технологический процесс, в котором заняты данные поверхности/объект/комплектующая деталь. Решение оптимизирует различные параметры

и должно обеспечивать заданную чистоту поверхности. Процессу выбора могут помочь таблицы, приведенные в приложении Б.

9.2 Методологии очистки

9.2.1 Метод очистки

Методология очистки состоит из методики очистки (например, протирка, плазменная или ультразвуковая очистка) и процесса очистки. Процесс очистки связан с методикой очистки и подразумевает приложение определенного количества механической энергии, химической энергии, температуру и время воздействия. Применяя сбалансированную комбинацию этих четырех параметров, можно добиться оптимальных результатов. Окончательный уровень чистоты может быть ограничен повреждением поверхности субстрата и/или критериями выбора, определенными в пункте 8 «Дополнительные требования».

Выбор методов очистки зависит от требуемого и начального уровня чистоты по концентрации частиц и/или химических загрязнений. В случае, если начальный уровень чистоты низкий, а требуемый уровень чистоты высок, может потребоваться комбинация различных методов.

9.2.2. Категории методик очистки

Методики очистки по основному механизму воздействия можно разделить на физические и химические, которые в свою очередь делятся на сухие и влажные. Отнесение к физической/химической или влажной/сухой очистке зависит от основного механизма очистки, используемого в процессе. Неполный список методик физической очистки можно найти в пунктах приложения Б.2 (механическая очистка), Б.3 (жидкостная очистка) и Б.4 (методики струйной очистки). Список методик химической очистки можно найти в пункте приложения Б.5 (химическая очистка). Ссылки на категории методик очистки приведены в таблице 1.

Номера подпунктов относятся к приложению Б, содержащему краткое описание основных методик очистки.

9.3. Процесс очистки

В таблицах Б.1 и Б.2 приведён обзор границ применимости для различных методик очистки. Приведенные границы соответствуют оптимальным условиям процесса. Так как свойства материала и прочие требования могут потребовать проведения работ в неоптимальных условиях, результативность очистки (или её КПД) и её степень могут оказаться ниже. Условия процесса должны определяться по результатам экспериментальных исследований или из опыта.

Таблица 1.

Категории методик очистки согласно приложению Б

Методики очистки	Физические	Химические
Сухая	Б.2, Б.4 сухая	Б.5 сухая
Влажная	Б.3, Б.4 влажная	Б.5 влажная

10. Проверка совместимости материалов

Следует принять во внимание совместимость материалов и чистящих агентов. Чистящие агенты (например, химикаты, растворители, газы и жидкости под давлением) необходимо выбирать по их совместимости с материалами и предметами, подлежащими очистке, а также их эффективности при удалении различных типов загрязнений: частиц или химических загрязнений.

Чистящие агенты и/или применяемые методики очистки могут оказывать разрушающее воздействие на поверхности. Химическая природа материалов, из которых состоит поверхность, индивидуально или в сочетании, в зависимости от состава поверхности, должна быть оценена с технической точки зрения.

Прямые, косвенные и долговременные эффекты влияния на поверхность перечислены ниже:

- Прямые эффекты – это изменения характерных свойств материала (физических и/или химических), возникшие как последствия взаимодействия с технологическими параметрами процесса очистки: химическая природа растворителя, время экспозиции, температура.

Пример 1: изменения химической структуры поверхности могут серьезно повлиять на ее физические свойства. Изменение гидрофильного характера внешнего атомного слоя на гидрофобный в процессе очистки может повлиять на физические свойства поверхности, т.е. её смачиваемость и электростатический заряд. Гидрофобные поверхности не смачиваются [водой] и легко заряжаются, что может стать причиной притяжения частиц.

Пример 2: изменение шероховатости поверхности.

- Косвенные эффекты могут быть вызваны различными физико-химическими механизмами как последствия вторичных взаимодействий (например, химические реакции со специфическими компонентами субстрата) или как взаимодействия с нетехнологическими параметрами, не относящимися к процессу (деструкция, или окисление кислородом воздуха, выпадение осадка в виде нового загрязнения).

Замечание: косвенный эффект может наблюдаться не сразу.

- Долговременные эффекты связаны с медленными процессами (например, индуцированная коррозия, следующая за химическими превращениями после химической очистки, старение и износ, утрата прочности).

В Приложении С приведены данные по совместимости растворителей; это – неполный список. Если информация по конкретному растворителю отсутствует, химическая стойкость материала по отношению к этому растворителю должна быть проверена путем проведения соответствующих испытаний. ■

(продолжение следует)