



КАПИЛЛЯРНЫЙ МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

- ◆ Техника проведения контроля
- ◆ Использование аэрозолей
- ◆ Характеристики материалов для капиллярного контроля

Содержание

Вступление.....	2
Подготовка поверхности.....	4
Применение Пенетранта.....	5
Удаление излишков Пенетранта.....	6
Применение Проявителя.....	7
Оценка результатов контроля.....	8
Удаление Проявителя (Необязательный этап).....	9
Проведение контроля в специфических условиях.....	9
Контроль методом течеискания.....	10
Применение флуоресцентных Пенетрантов.....	11
Использование аэрозолей.....	12
Информация о мерах предосторожности.....	13
Дефектоскопические материалы.....	14
MR-Chemie (Германия).....	14
Ely-Chemical (Великобритания).....	16
Дополнительное оборудование.....	17

Вступление

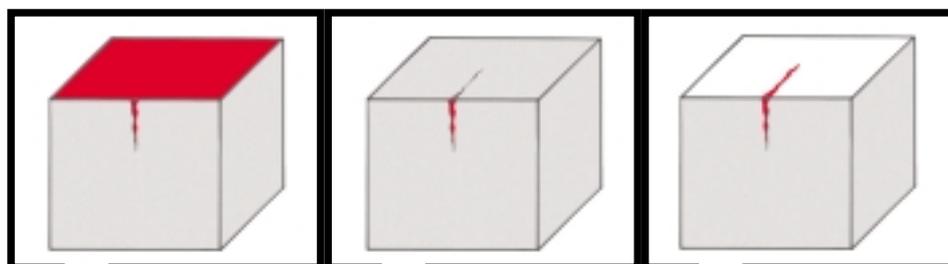
**Применяется для
обнаружения
мельчайших
поверхностных
дефектов**

Капиллярные методы неразрушающего контроля применяются для выявления сквозных и поверхностных дефектов с открытой полостью. Они позволяют определить протяженность, направление и характер распространения дефекта в объектах. Объекты могут быть любых размеров и форм, изготовлены из металлов, пластмасс и других твердых конструкционных материалов, которые не растворяются и не набухают под воздействием применяемых химических реактивов.

В данном руководстве главное внимание уделено цветному капиллярному методу с применением дефектоскопических материалов в аэрозольной упаковке. Кроме того, в разделе "Применение флуоресцентных Пенетрантов" описаны особенности проведения флуоресцентного и флуоресцентно-цветного капиллярного контроля.

**Три этапа цветного
капиллярного
контроля**

Процесс цветного капиллярного контроля состоит из трех этапов. 1-ый этап состоит в нанесении жидкого красного *Пенетранта*, который проникает в поверхностные дефекты. 2-ой этап — удаление излишков *Пенетранта* с поверхности объекта контроля. 3-ий этап — нанесение *Проявителя*, содержащего белое пигментное вещество, способствующее "вытягиванию" *Пенетранта* из дефектов и одновременно служащее для повышения контрастности.



**Этап 1. Нанесение
красного Пенетранта**

**Этап 2. Удаление
излишков Пенетранта**

**Этап 3. Нанесение
белого Проявителя**

**Дефекты
проявляются в виде
красных следов на
белом фоне**

Таким образом, в результате проведения цветного контроля дефекты обнаруживаются в виде ярких красных индикаторных линий на белом фоне.

Примечание. Индикаторный след при капиллярной дефектоскопии не несет полной информации о характере дефекта.

При капиллярном контроле применяются три материала: *Пенетрант* (1-й этап), *Очиститель* (2-й этап), *Проявитель* (3-й этап). Наиболее часто используемой упаковкой являются удобные герметичные аэрозольные баллончики. При использовании такой упаковки отпадает необходимость в использовании кисти, нет угрозы разлива или перерасхода материала, упаковка удобна для хранения и применения. Цветной *Пенетрант* может быть нанесен на отдельные участки, нуждающиеся в контроле, например, на сварной шов. *Пенетрант* может быть удален сухой или смоченной *Очистителем* салфеткой. Если *Пенетрант* водосмываемый, то излишки *Пенетранта* могут быть смыты с поверхности водой или салфеткой, смоченной в воде. При использовании аэрозолей *Проявитель* всегда наносится распылением.

В данном руководстве последовательно описываются пять основных операций, производимых при проведении цветного капиллярного контроля.



Наибольшее влияние на качество контроля оказывают две операции: удаление избытков *Пенетранта* и нанесение *Проявителя*. В данном руководстве подробно описываются технологический процесс, а также временной и температурный режимы.

Кроме этого, данное руководство содержит описание дефектоскопических материалов для цветного и флуоресцентного капиллярного контроля, а также даются рекомендации для проведения контроля в специфических условиях: в режиме высоких и низких температур, методом течеискания .

**ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКИЕ
МАТЕРИАЛЫ:
ПЕНЕТРАНТ,
ОЧИСТИТЕЛЬ,
ПРОЯВИТЕЛЬ**

**Пять основных
операций при
проведении контроля**

Подготовка поверхности

Подготовка поверхности включает в себя очистку и сушку контролируемой поверхности и полостей дефектов

На контролируемой поверхности не допускается наличие заусенцев, сварочных брызг, наплывов пайки, окалины, шлака, ржавчины, подрезов, а также лакокрасочных покрытий, окисной пленки, органических веществ (жир, масло) и других загрязнений. Обеспечить доступ *Пенетранта* в дефекты — основная задача этого этапа.

Очистка поверхности

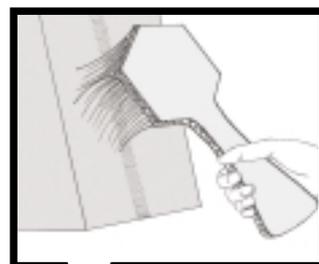
Органические загрязнения можно удалить с поверхности при помощи *Очистителя*. Неорганические требуют механической очистки, например щеткой, наждаком, шлифованием, струей воды под высоким давлением и т.д. Во всех этих случаях важно механическую очистку проводить таким образом, чтобы дефекты не “закрылись”. После этого рекомендуется смыть остатки загрязнения при помощи *Очистителя*.

Применение Очистителя и сушка

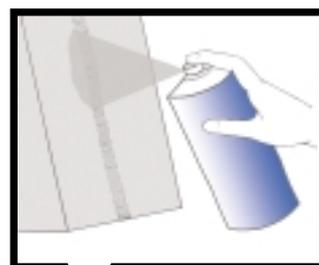
Распылите *Очиститель* на загрязненную поверхность. Подождите 30 секунд для разрушения органических загрязнений. Высушите поверхность тканью или салфеткой. Повторяйте до полного очищения поверхности.

Проводя очистку поверхности, выделяйте достаточно времени для высыхания *Очистителя*, попавшего в дефекты. *Очиститель* должен полностью улетучиться из дефектов перед применением *Пенетранта*. Время, необходимое для этого, зависит от температуры и влажности окружающей среды.

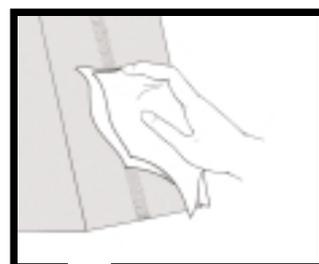
Промежуток времени между окончанием подготовки поверхности и нанесением *Пенетранта* не должна превышать 30 мин. В течение этого срока нужно исключить возможность конденсации атмосферной влаги на контролируемой поверхности, а также попадание на неё различных жидкостей и загрязнений.



Проведите механическую очистку контролируемой поверхности

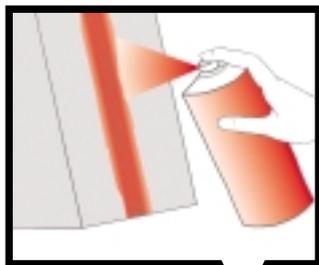


Распылите Очиститель на контролируемую поверхность

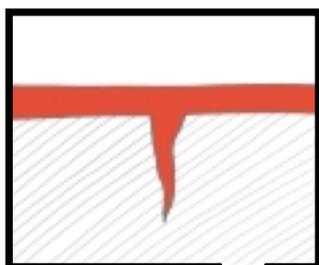


Высушите контролируемую поверхность салфеткой

Применение Пенетранта



Распылите Пенетрант на сухую контролируемую поверхность



Дайте Пенетранту время проникнуть в дефекты благодаря капиллярным силам

Распылите *Пенетрант* на очищенную и высушенную поверхность. *Пенетрант* должен наноситься обильно, но без сильных подтеков.

На наклонных и вертикальных поверхностях, по мере стекания, производится дополнительное их смачивание *Пенетрантом*. В течение времени выдержки, высыхание *Пенетранта* не допускается.

Подождите 3-5 минут. Если поверхность не была хорошо подготовлена, или в дефектах возможны остатки загрязнений, или температура окружающей среды ниже 12°C, то время, необходимое для впитывания *Пенетранта*, должно быть увеличено до 10-15 мин.

Если температура поверхности выше 45°C, время, необходимое для впитывания *Пенетранта*, может быть уменьшено. При температуре поверхности выше 80°C это время составляет около 1 минуты. При еще более высоких температурах поверхности нужно использовать высокотемпературные наборы материалов для капиллярной дефектоскопии.

Рекомендации по применению *Пенетранта* в условиях низких температур даны в разделе "Проведение контроля в специфических условиях".

Пенетрант наносится на подготовленную контролируемую поверхность распылением

Продолжительность выдержки Пенетранта должна быть не ниже, чем время, необходимое для просачивания Пенетранта в дефекты

Удаление излишков Пенетранта

**Не допускайте
вымывания
Пенетранта из
дефектов**

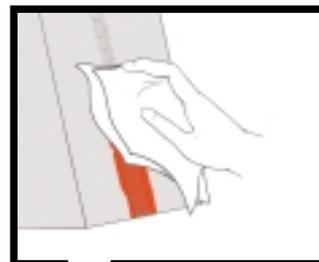
Излишки *Пенетранта* снимаются с контролируемой поверхности бумажной или тканевой салфеткой без ворса. Салфетка может быть предварительно смочена *Очистителем*.

Очень важно внимательно провести данную процедуру во избежание вымывания *Пенетранта* из дефектов.

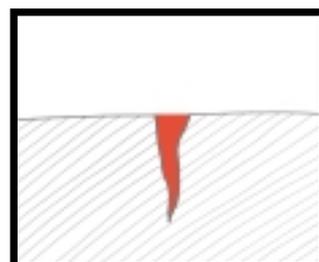
После удаления *Пенетранта* поверхность подвергается кратковременной сушке посредством выдержки на воздухе. Степень сушки считается достаточной, когда поверхностная влага начинает исчезать. При необходимости повторите процедуру до полного удаления излишков *Пенетранта* с поверхности.

На этой стадии ни в коем случае не распыляйте *Очиститель* прямо на контролируемую поверхность.

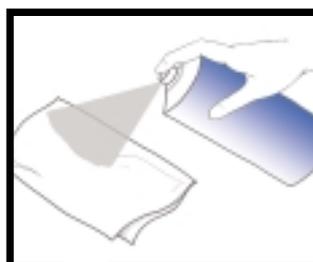
Излишки водосмываемого *Пенетранта* могут быть удалены с поверхности таким же образом, как и несмываемого водой. В этом случае салфетка может быть смочена водой вместо *Очистителя*. Однако при этом необходимо будет увеличить время сушки. Длительная сушка или высокая температура не рекомендуется, так как это способствует высыханию и испарению *Пенетранта* из полостей дефектов.



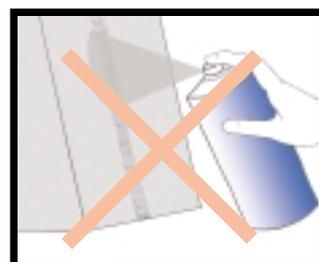
**Удалите излишки
Пенетранта сухой или
смоченной Очистителем
салфеткой**



**Поверхность очищена, а
Пенетрант остался
внутри дефекта**



**Смочите салфетку
Очистителем, и протрите
ею оставшиеся красные
пятна**

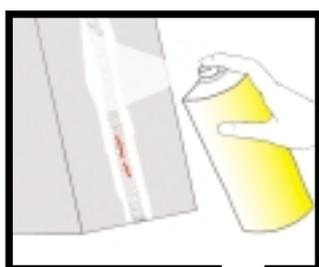


**Не распыляйте
Очиститель прямо на
контролируемую
поверхность**

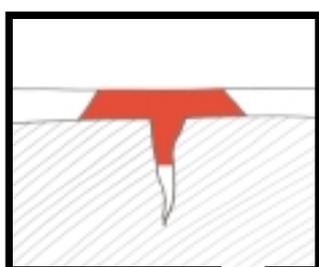
Применение Проявителя



Встряхните емкость с Проявителем



Проявитель напыляется в 2 или 3 слоя с расстояния от 20 до 30 см



Равномерный тонкий слой Проявителя вытягивает красный Пенетрант из дефектов посредством адсорбции

Проявитель следует наносить на контролируемую поверхность сразу после сушки.

Перед нанесением тщательно в течение 2-3 мин. встряхните флакон с *Проявителем*, чтобы полностью восстановить взвешенное состояние частиц белого пигмента. Распыление является рекомендуемым и **НАИБОЛЕЕ ПОДХОДЯЩИМ** методом нанесения *Проявителя* на поверхность. Целью является нанесение тонкого равномерного слоя. Он должен быть слегка влажным, чтобы *Проявитель* мог "вытянуть" *Пенетрант*, находящийся в полости дефектов на поверхность для наблюдения.

Равномерно нанесенный слой белого *Проявителя* должен быть достаточно толстым, чтобы обеспечить:

1. адсорбцию красящего *Пенетранта*
2. контрастный белый фон для отметок дефектов красным красящим *Пенетрантом*.

Но слой не должен быть слишком толстым, иначе он будет скрывать или затемнять красные индикаторные следы дефектов.

Внимание. Лучше нанести два или три тонких слоя *Проявителя*, чем один толстый.

Правильная методика нанесения

Проявителя является обязательной для четкого определения дефектов

Нанесите тонкий равномерный слой Проявителя

Оценка результатов контроля

Выявление дефектов можно производить через 5 мин после высыхания проявителя

По индикаторному рисунку можно судить о характере дефекта

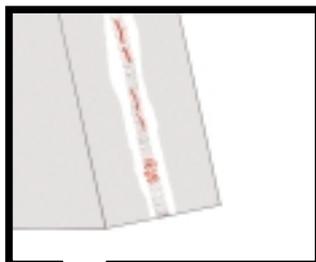
Индикаторные следы дефектов (если таковые имеются) проявятся, как только Проявитель высохнет, однако рекомендуется выждать 5 минут дополнительно, чтобы они проявились полностью для более точного визуального обследования и интерпретации результатов. Окончательный контроль производится через 15-20 мин.

Если предполагается наличие труднопроницаемых трещин, выждите более продолжительное время. Скорость проявления, глубина цвета, так же как и рисунок индикаторного следа указывает на тип дефекта.

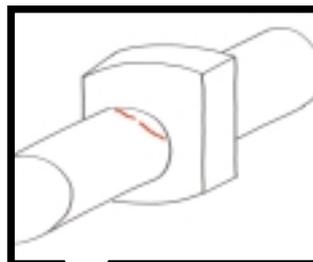
Красные линии показывают трещины, складки, отсутствие сплавления. Тонкие трещины проявляются в виде точек, образующих прямую или кривую линию. Пористость проявляется в виде рассеянных красных точек.

Критерии отбраковки детали обычно определяются нормативными документами. Не все дефекты могут служить поводом для отбраковки.

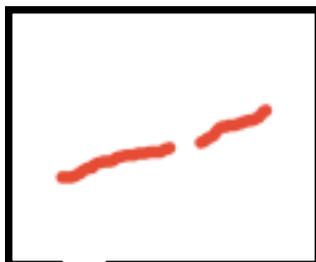
Размер, положение и тип индикаторного следа, так же, как дальнейший режим обработки и использования детали, рабочая нагрузка влияют на окончательное решение.



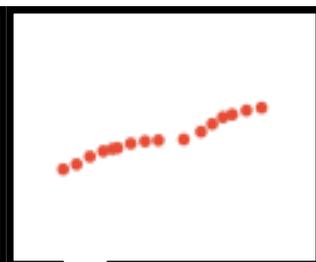
Признаки дефекта в сварном шве



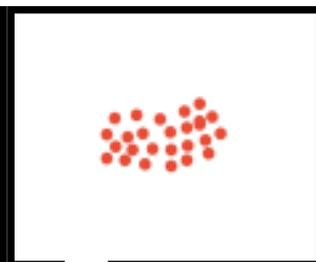
Признак усталостной трещины в валу



Красная линия говорит о наличии трещины или отсутствии сплавления



Красные точки, образующие прямую или кривую линию, говорят о тонкой трещине



Рассеянные красные точки означают пористость

Удаление Проявителя (Необязательный этап)

Обычно Проявитель, остающийся на поверхности, удаляется перед последующей обработкой или использованием детали. Протрите поверхность салфеткой, смоченной водой, а затем сухой салфеткой. Если материал имеет склонность к корродированию, то после этого должна быть проведена обработка, предупреждающая коррозию.

Проведение контроля в специфических условиях

Некоторые международные стандарты устанавливают уровень минимальных температур для контроля поверхности капиллярным методом (обычно +7°C), и требуется специальная технология применения материалов для капиллярной дефектоскопии в условиях низких температур. Холодная погода усложняет выполнение технологического процесса капиллярного контроля из-за конденсации воды на холодной поверхности, задерживает проникновение Пенетранта, замедляет скорость высыхания Проявителя и снижает давление в баллоне-распылителе.

Чтобы устранить эти затруднения, советуем Вам предпринять следующие шаги.

1. Если присутствует конденсация, протрите поверхность насухо и, если это возможно, нагрейте поверхность каким-либо нагревательным прибором.

2. Продлите время выдержки для Пенетранта до 30 мин.

3. Разбрызгивайте Проявитель с большего, чем обычно, расстояния, так, чтобы он попадал на поверхность скорее сухим, чем влажным.

4. По возможности, держите аэрозольные баллоны в тепле, особенно Проявитель, например, носите его близко к телу, или используйте какой-либо другой способ.

Для контроля нагретых поверхностей рекомендуется применять специально разработанные высокотемпературные наборы. Их перечень можно найти в разделе “Дефектоскопические материалы”.

Внимание. Не оставляйте аэрозольные баллоны на поверхности с высокой температурой.

**Контроль в условиях
низких температур**

**Контроль в условиях
высоких температур**

Контроль методом течеискания

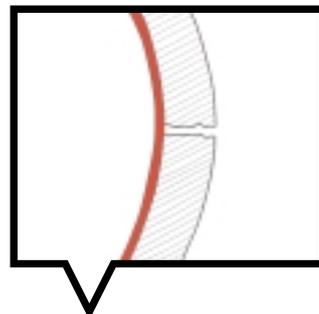
**Применяется для
поиска сквозных
дефектов в
тонкостенных
конструкциях**

**На одну поверхность
наносится Пенетрант,
а на другую —
Проявитель**

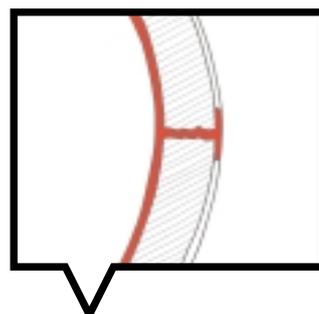
Дефекты, пронизывающие объект насквозь, легко регистрируются при применении *Пенетранта*. Процедура отличается от стандартной тем, что на одну поверхность объекта контроля наносится *Пенетрант*, а на противоположную поверхность наносится *Проявитель*, а стадия удаления *Пенетранта* отсутствует. Эта технология, называемая "контроль течеисканием", применима для тонкостенных резервуаров, трубопроводов и баков.

Одна сторона, например, внутренняя поверхность резервуара, обрабатывается *Пенетрантом*. Другая сторона покрывается *Проявителем*. Красящий *Пенетрант* проходит через дефект и, когда он достигает противоположной стороны, дефект проявляется в виде красного индикаторного следа на белом фоне. Полости дефектов должны быть очищены от посторонних веществ — воды, растворов, масел и т.д. Присутствие таких веществ мешает свободному проникновению *Пенетранта*. Применяйте метод течеискания перед другими методами контроля (гидростатический, ультразвуковой и пр.), чтобы минимизировать возможность загрязнения полостей дефектов.

Метод течеискания имеет ограничения в применении по толщине стенок (не более 62,5 мм). Скорость просачивания сквозь деталь зависит от формы капиллярного прохода. Узкий капилляр обеспечивает наилучшее прохождение. Пористость в детали замедляет движение *Пенетранта*. Если толщина стенки близка к максимуму и влияние капиллярности оценивается как незначительное, время выдержки должно быть увеличено. Период в 30 мин. является достаточным. Может оказаться полезным повторное нанесение *Пенетранта* в течение этого периода.



Пенетрант наносится на одну поверхность исследуемого участка тонкостенного металла



Пенетрант проходит сквозь полости дефектов на противоположную сторону, что можно наблюдать в виде красного следа на фоне контрастного белого Проявителя

Применение флуоресцентных Пенетрантов



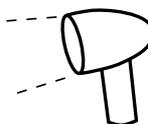
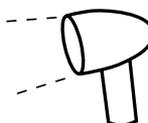
При применении флуоресцентного Пенетранта дефекты проявляются под ультрафиолетовым светом в виде ярко светящихся линий

В состав *Пенетранта* могут входить специальные флуоресцентные вещества, т.е. вещества, дающие яркое свечение при облучении их ультрафиолетовым светом.

При использовании флуоресцентных *Пенетрантов* этапы подготовки поверхности, нанесения *Пенетранта* и нанесения *Проявителя* не отличаются от соответствующих этапов при цветном капиллярном контроле и уже детально описаны в данном руководстве.

Имеются отличия в стадиях удаления *Пенетранта* и оценки результатов контроля. Эти этапы проводятся при ультрафиолетовом освещении в затемненном помещении. Индикации проявляются в ви-

Стадия удаления флуоресцентного Пенетранта и оценка результатов контроля проводится при ультрафиолетовом освещении в затемненном помещении



де светящихся, как правило, желто-зеленых, а не красных следов.

Кроме того, многие производители выпускают *Пенетранты*, сочетающие в себе свойства цветных и флуоресцентных материалов — флуоресцентно-цветные *Пенетранты*. При применении *Пенетрантов* такого типа удаление *Пенетранта* и исследование результатов контроля можно проводить как при обычном освещении, так и в ультрафиолетовом свете. Однако, нужно иметь в виду, что при контроле в ультрафиолетовом свете выявляемость дефектов будет выше, чем при обычном освещении.

Флуоресцентно-цветные Пенетранты можно использовать как при обычном, так и ультрафиолетовом освещении

Использование аэрозолей

Содержимое аэрозольных баллонов распыляется на контролируемую поверхность с расстояния 20–30 см

Используйте аэрозоли при допустимых температурах

Для эффективного применения дефектоскопических материалов в аэрозольной упаковке необходимо овладеть определенными навыками. Соблюдайте следующие рекомендации при распылении *Проявителя* :

1. Тщательно встряхивайте аэрозольные баллоны с *Проявителем* непосредственно перед использованием, пока не услышите, что шарики, способствующие перемешиванию, стучат свободно.

2. Держите баллон на расстоянии 20-30 см от поверхности.

3. Чтобы напыляемый слой сделать ровным и гладким, начните работать с аэрозольным баллоном на области, соседней с исследуемой.

4. Затем перемещайте распыление поперек исследуемой поверхности с постоянной медленной скоростью, помня, что 2 или 3 тонких слоя *Проявителя* лучше, чем один толстый слой.

В отличие от нанесения *Проявителя*, специальных методик при нанесении *Пенетранта* на контролируемую поверхность или *Очистителя* на салфетку не требуется.

Все аэрозольные баллоны подвержены влиянию температурных изменений. Давление в таком баллоне понижается при низких температурах и повышается при высоких температурах. Температуры ниже +7°C могут привести к снижению давления ниже требуемого (см. советы по применению материалов для капиллярной дефектоскопии при холодных погодных условиях).

Информация о мерах предосторожности

Информацию о мерах предосторожности по хранению и использованию материалов для капиллярного контроля можно найти на этикетках и в информационных листах. Обычно она содержит следующие рекомендации:

1. Используйте материалы в хорошо проветриваемых помещениях.

2. Не допускайте скопления паров в ограниченных пространствах.

3. Не распыляйте материалы вблизи источников огня.

4. Избегайте вдыхания паров.

5. Не принимайте внутрь.

6. Избегайте продолжительного контакта с кожей.

Материалы предназначены для промышленного использования квалифицированным персоналом.

Некоторые материалы являются огнеопасными.

При работе с дефектоскопическими материалами в аэрозольной упаковке не допускается:

1. Нагревать аэрозольный баллон выше 50° С.

2. Держать баллон на солнце и вблизи источника тепла.

3. Попадание химикатов в глаза и органы дыхания.

4. Разбирать и механически повреждать аэрозольный баллон.

Прием пищи в помещении, где производятся работы по капиллярной дефектоскопии категорически запрещается. Руки перед приемом пищи и после окончания работ следует мыть теплой водой с мылом, не рекомендуется пользоваться растворителями и бензинами. При сухости рук после работы необходимо применять витаминизированные кремы.